Disponibilité de l'habitat de nidification préférentiel de la Pie-grièche migratrice au Québec

Benoît Jobin, Marcelle Grenier et Pierre Laporte

Région du Québec 2001
Service canadien de la faune
Direction de la conservation de l'environnement

Série de rapports techniques
Numéro 377

Environnement Canada
Service canadien de la faune

Environment Canada
Canadian Wildlife Service

Canada

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

Cette série de rapports donnant des informations scientifiques et techniques sur les projets du Service canadien de la faune (SCF) a démarré en 1986. L'objet de ces rapports est de promouvoir la diffusion d'études s'adressant à un public restreint ou trop volumineuses pour paraître dans une revue scientifique ou l'une des séries du SCF.

Ordinairement, seuls les spécialistes des sujets traités demandent ces rapports techniques. Ces documents ne sont donc produits qu'à l'échelon régional et en quantités limitées; ils ne peuvent être obtenus qu'à l'adresse figurant au dos de la page titre. Cependant, leur numérotage est effectué à l'échelle nationale. La citation recommandée apparaît à la page titre.

Ces rapports se trouvent dans les bibliothèques du SCF et figurent aussi dans la liste de la Bibliothèque nationale du Canada utilisée dans les principales bibliothèques scientifiques du Canada. Ils sont publiés dans la langue officielle choisie par l'auteur en fonction du public visé, avec un résumé dans la deuxième langue officielle. **En vue de déterminer si la demande est suffisamment importante pour produire ces rapports dans la deuxième langue officielle, le SCF invite les usagers à lui indiquer leur langue officielle préferée. Il faut envoyer les demandes de rapports techniques dans la deuxième langue officielle à l'adresse indiquée au verso de la page titre.**

TECHNICAL REPORT SERIES CANADIAN WILDLIFE SERVICE

This series of reports, established in 1986, contains technical and scientific information from projects of the Canadian Wildlife Service. The reports are intended to make available material that either is of interest to a limited audience or is too extensive to be accommodated in scientific journals or in existing CWS series.

Demand for these Technical Reports is usually confined to specialists in the fields concerned. Consequently, they are produced regionally and in small quantities; they can be obtained only from the address given on the back of the title page. However, they are numbered nationally. The recommended citation appears on the title page.

Technical Reports are available in CWS libraries and are listed in the catalogue of the National Library of Canada in scientific libraries across Canada. They are printed in the official language chosen by the author to meet the language preference of the likely audience, with a résumé in the second official language. **To determine whether there is significant demand for making the reports available in the second official language, CWS invites users to specify their official language preference. Requests for Technical Reports in the second official language should be sent to the address on the back of the title page.**

102-02157/

Disponibilité de l'habitat de nidification préférentiel de la Pie-grièche migratrice au Québec

Benoît Jobin[1], Marcelle Grenier et Pierre Laporte

Environnement Canada
Service canadien de la faune
1141 route de l'Église
B.P. 10100
Sainte-Foy, Québec
G1V 4H5

[1] benoit.jobin@ec.gc.ca

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES NO 377
Région du Québec 2001
Service canadien de la faune

© Ministère des Approvisionnements et Services du Canada 2001
Numéro de catalogue CW69-5/377F
ISBN 0-662-86474-3

Citation recommendée:

Jobin, Benoît, Marcelle Grenier et Pierre Laporte. 2001. Disponibilité de l'habitat de nidification préférentiel de la Pie-grièche migratrice au Québec. Série de rapports techniques No 377, Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec, Sainte-Foy. xii, 65 pages et 2 annexes.

Pour obtenir des copies:

Service canadien de la faune
Environnement Canada
1141 route de l'Église
B.P. 10100
Sainte-Foy, Québec
G1V 4H5

Résumé

Un déclin important des populations de la Pie-grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*) a été récemment observé dans le sud du Canada et il est suggéré que les modifications survenues à ses habitats de nidification seraient en cause. La présente étude a été entreprise afin d'évaluer la disponibilité de l'habitat de nidification préférentiel de la Pie-grièche migratrice au Québec, soit les pâturages. La population québécoise de la Pie-grièche migratrice étant pratiquement éteinte, l'approche préconisée a consisté à identifier des critères de sélection d'habitat à des sites de nidification connus dans la région de Napanee, en Ontario, et déterminés à partir d'images satellites Landsat-TM, pour ensuite appliquer ces critères aux images satellites couvrant le sud du Québec. Des critères de sélection d'habitat ont été déterminés à l'échelle régionale (parcelles de 100 km^2) et à un niveau plus fin soit à l'échelle du pâturage. Le logiciel d'analyse spatiale FRAGSTATS a permis de caractériser les parcelles et les pâturages en fonction des superficies couvertes et de leur structure spatiale. Les pâturages qui offriraient un potentiel élevé pour la nidification de la Pie-grièche migratrice sont ceux qui remplissent les deux groupes de critères de sélection: 1) ils doivent être situés dans des parcelles qui remplissent les critères de sélection à l'échelle des parcelles de 100 km^2 et 2) ils doivent remplir les critères de sélection des pâturages.

Au total, 310 parcelles localisées dans l'aire historique de nidification de l'espèce au Québec ont été sélectionnées comprenant 3988 pâturages qui remplissent les critères de sélection des pâturages. Plus de 500 de ces pâturages ont été visités à l'été 2000 pour en valider le statut. Nos résultats indiquent que c'est dans la région de l'Outaouais, particulièrement le secteur du Pontiac (ouest de Hull), que sont concentrés les habitats les plus propices à la nidification de la Pie-grièche migratrice dans le sud du Québec. Comparativement aux régions de la plaine du Saint-Laurent dominées par les exploitations laitières et les grandes cultures, on y trouve une plus grande abondance de pâturages, tant naturels qu'améliorés, les aubépines sont souvent présentes dans ces pâturages, le degré de fragmentation des pâturages dans les parcelles de l'Outaouais y serait moins important, et l'agriculture pratiquée dans cette région y serait plus stable que dans la plaine du Saint-Laurent où la rotation des cultures est une pratique agricole répandue.

Dans l'éventualité où des Pies-grièches migratrices élevées en captivité devaient être relâchées en vue du rétablissement de populations sauvages au Québec, nous recommandons que cette activité ait lieu dans la région de l'Outaouais en raison de son fort potentiel pour la nidification de cette espèce.

Abstract

Recent population estimates of the Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*) have shown decreasing trends in Canada and breeding habitat loss is suspected to be an important cause of this decline. This study was undertaken to evaluate the availability of suitable breeding habitats in Québec which is pastureland. Because this species no longer breeds in Québec, we established habitat selection criteria at known nesting sites in the Napanee region, Ontario, from analysis of a Landsat-TM satellite image, and applied these criteria to Landsat-TM images covering southern Québec. We developed regional landscape criteria at the landscape scale (in 100 km^2 plots) and patch indices criteria at the pasture level to evaluate pasture suitability for breeding Loggerhead Shrikes. FRAGSTATS software was used to characterize plots and pastures on the basis of pasture availability and spatial distribution. Pastures suitable for nesting Loggerhead Shrikes would be those fulfilling the two sets of criteria: 1) they must be located in plots fulfilling regional landscape criteria and 2) these pastures must fulfill patch criteria at the pasture level.

Overall, 310 plots located in the historic breeding range of the Loggerhead Shrike in Québec fulfill landscape criteria, comprising 3988 pastures that fulfill patch criteria. More than 500 of these pastures were visited in the summer of 2000 to validate their current status. The Outaouais region, and most particularly the Pontiac region west of Hull, would be the most suitable region for nesting Loggerhead Shrikes in southern Québec. As compared to other farming regions of the St. Lawrence Lowlands dominated by dairy farming and cash crop, pasture cover, both improved and unimproved (natural), was higher, hawthorns were prevalent in most pastures, and pastureland fragmentation and crop rotation was less severe in the Outaouais than in other farming regions.

In the event that management activities were undertaken to establish a wild population of Loggerhead Shrikes by releasing captive bred individuals, we recommand that these activities be conducted in the Outaouais region because of its strong prevalence of suitable breeding habitats for this species.

Remerciements

Nous tenons à remercier Luc Bélanger pour l'utilisation des images satellites Landsat-TM du sud du Québec déjà classifiées et Sylvain Deslandes qui a activement participé à la classification de ces images. Nous remercions Jacques Cayouette pour ses informations sur la nature et la distribution des alvars au Québec de même qu'André Sabourin qui a fourni des informations additionnelles sur la localisation de ces habitats. Nous désirons remercier particulièrement Don Cuddy, du Ministère des ressources naturelles de l'Ontario, qui a fourni les mentions d'observations de Pies-grièches migratrices en Ontario. Céline Dallaire, du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), a aimablement fourni les données permettant de décrire le profil agricole du Québec pour l'année 1997. Enfin, nous remercions Luc Bélanger et Michel Robert, du Service canadien de la faune, dont les commentaires judicieux ont permis d'améliorer grandement le contenu de ce rapport.

Table des matières

Résumé iii
Abstract iv
Remerciements v
Table des matières vi
Liste des tableaux viii
Liste des figures ix
Liste des cartes xi
Liste des annexes xii

1.0 Introduction 1
2.0 Méthodes 3
3.0 Identification des critères de sélection de l'habitat (Ontario) 4
3.1 Découpage du territoire en parcelles de 100 km^2 4
3.2 Critères de sélection des parcelles 7
3.3 Critères de sélection des pâturages 11
4.0 Application des critères de sélection aux régions agricoles du sud du Québec 15
4.1 Sélection des parcelles 16
4.2 Sélection des pâturages 17
5.0 Validation *in situ* des pâturages sélectionnés 18
5.1 Effort d'échantillonnage 19
5.2 Statut des pâturages visités 25
5.3 Caractéristiques des pâturages visités 28
5.4 Stabilité de l'agriculture et importance des pâturages naturels 30
5.5 Estimation de la superficie des pâturages dans les parcelles sélectionnées 33
5.6 Paysage agricole des 3 grands secteurs 35
5.6.1 Plaine du Saint-Laurent - Grandes cultures 35
5.6.2 Plaine du Saint-Laurent - Exploitations laitières 39
5.6.3 Outaouais - Exploitations laitières 40
6.0 Fragmentation des pâturages 41
6.1 Parcelles du Québec 42
6.2 Parcelles de l'Ontario 44
7.0 Discussion 45
7.1 Justesse des images satellites 45
7.2 Critères de sélection et fragmentation des pâturages 47
7.3 Régions d'intérêt pour la nidification de la Pie-grièche migratrice 49

7.4 L'Outaouais comme région d'intérêt 52
7.5 Comparaison entre les secteurs d'intérêt du Québec et de l'Ontario 53
8.0 Recommendations 56
8.1 Rétablissement de la Pie-grièche migratrice 56
8.2 Méthodologie 58
9.0 Références 60

Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques des 12 parcelles où des Pies-grièches migratrices ont été observées dans des pâturages dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997 8

Tableau 2. Comparaison de la composition en pâturage des parcelles qui remplissent les critères de sélection et où des Pies-grièches migratrices ont ou n'ont pas été observées dans des pâturages, région de Napanee, Ontario 9

Tableau 3. Caractéristiques des 14 pâturages où des Pies-grièches migratrices ont niché dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997 12

Tableau 4. Nombre total de pâturages et nombre de pâturages remplissant les critères de sélection, région de Napanee-Kingston, Ontario 14

Tableau 5. Comparaison de la superficie (CA) et du ratio périmètre/surface (MPAR) entre les pâturages qui remplissent les critères de sélection en Ontario et situés dans les parcelles qui remplissent les critères de sélection où des Pies-grièches migratrices ont ou n'ont pas été observées dans des pâturages 15

Tableau 6. Comparaison de la composition en pâturage des parcelles de 100 km^2 qui remplissent et qui ne remplissent pas les critères de sélection au Québec 17

Tableau 7. Nombre et taille des pâturages observables sur les images satellites couvrant le sud du Québec 17

Tableau 8. Nombre total de pâturages et nombre de pâturages remplissant les critères de sélection à partir des images satellites couvrant le sud du Québec 18

Tableau 9. Répartition des parcelles et des pâturages dans les 9 groupes de parcelles en fonction de l'intensité de l'agriculture et de la densité des pâturages retenus 22

Tableau 10. Nombre de parcelles échantillonnées et nombre de pâturages visités dans chacun des groupes de parcelles 22

Tableau 11. Comparaison de la composition en pâturage des parcelles de 100 km^2 qui remplissent les critères de sélection en Ontario et dans les 3 secteurs agricoles du Québec 54

Tableau 12. Comparaison de la superficie (CA) et du ratio périmètre/surface (MPAR) des pâturages qui remplissent les critères de sélection en Ontario et dans les 3 secteurs agricoles du Québec et situés dans les parcelles retenues 55

Liste des figures

Figure 1. Couverture de l'image satellite de la région de Napanee-Kingston en Ontario, juin 1995. 5

Figure 2. Nombre total de mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans les parcelles où cette espèce a été observée dans des pâturages en fonction de la superficie totale en pâturages dans ces parcelles, région de Napanee, Ontario 11

Figure 3. Sous-image extraite de l'image satellite couvrant la région de Napanee, Ontario, qui montre les pâturages où des nids de Pies-grièches migratrices ont été localisés durant la période 1991-1997 12

Figure 4. Schéma montrant la relation entre la superficie et le périmètre des pâturages 14

Figure 5. Région couverte par les images satellites du sud du Québec, étés 1993-1994 15

Figure 6. Groupes de parcelles formés pour sélectionner celles à visiter basés sur leur distribution dans les secteurs agricoles et selon la densité des pâturages retenus 20

Figure 7. Diagramme présentant les étapes de sélection des parcelles et des pâturages au Québec 24

Figure 8. Statut des 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles 26

Figure 9. Statut des 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles et selon la densité des pâturages dans les parcelles 27

Figure 10. Importance relative des pâturages naturels et améliorés dans les 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles 27

Figure 11. Importance relative des pâturages naturels et améliorés dans les 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles et selon la densité des pâturages dans les parcelles 28

Figure 12. Pointage moyen accordé aux pâturages visités dans les 3 grands secteurs agricoles 30

Figure 13. Comparaison de l'indice moyen entre les 3 grands secteurs agricoles calculé pour chacun des pâturages en multipliant le pointage accordé à chacun d'eux avec sa superficie réelle en pâturage 30

Figure 14. Indice de stabilité moyen calculé pour les 3 grands secteurs agricoles 31

Figure 15. Importance relative des pâturages naturels calculé pour les 3 grands secteurs agricoles 33

Figure 16: Indice de continuité calculé pour les parcelles retenues et non retenues, globalement et selon les secteurs agricoles du Québec 44

Figure 17: Indice de continuité calculé pour les parcelles retenues et non retenues, et pour les parcelles retenues avec et sans mention de Pie-grièche migratrice dans des pâturages en Ontario 45

Figure 18. Pourcentage de couverture des pâturages naturels et améliorés relativement à la couverture des terres cultivées (céréales, fourrages, pâturages, légumes) par région administrative en 1997 50

Liste des cartes

Carte 1. Parcelles de 10 x 10 km qui contiennent au moins 1 pâturage selon les images Landsat-TM couvrant le sud du Québec et la région de Napanee-Kingston en Ontario 6

Carte 2. Parcelles qui remplissent les critères de sélection à l'échelle régionale dans la région de Napanee et dans le sud du Québec 10

Carte 3. Nombre de pâturages retenus dans chacune des parcelles retenues au Québec situées dans l'aire de nidification historique de la Pie-grièche migratrice 21

Carte 4. Densité des pâturages retenus dans les parcelles sélectionnées pour la validation du statut des pâturages 23

Carte 5. Indice de stabilité de l'agriculture dans les 40 parcelles sélectionnées pour la validation du statut des pâturages 32

Carte 6. Importance relative des pâturages naturels dans les 40 parcelles sélectionnées pour la validation du statut des pâturages 34

Carte 7. Superficie estimée des pâturages qui remplissent les critères de sélection dans les 310 parcelles retenues 36

Carte 8. Superficie estimée des pâturages NATURELS qui remplissent les critères de sélection dans les 310 parcelles retenues 37

Carte 9. Vue générale des trois grands secteurs agricoles du Québec 38

Carte 10. Indice de continuité (fragmentation) des pâturages dans les parcelles de 10 x 10 km localisées dans l'aire historique de nidification de la Pie-grièche migratrice au Québec et dans la région de Napanee, Ontario 43

Liste des annexes

Annexe 1. Étapes de la classification de l'image satellite Landsat-TM couvrant la région de Napanee-Kingston, Ontario.

Annexe 2. Distribution des mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans les classes d'habitat identifiées sur l'image satellite de l'Ontario.

1.0 Introduction

La Pie-grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*) est un oiseau associé aux pâturages et aux prairies herbeuses, dont l'aire de nidification couvre le sud du Canada, les États-Unis et le Mexique. Bien qu'étant autrefois largement répartie sur ce territoire, un déclin important de ses populations a été observé dans plusieurs régions du nord-est de l'Amérique du Nord (Robbins et al. 1986; Askins 1993; Downes et Collins 1996). Au Canada, il existe trois sous-espèces: *L. l. excubitorides* qui forme une population nicheuse de plusieurs milliers de couples dans les provinces des Prairies, *L. l. gambeli* qui occupe une très petite région du sud de la Colombie-Britannique, et *L. l. migrans* qui forme la population de l'est du pays.

Au début du siècle dernier, la Pie-grièche migratrice (*L. l. migrans*) était relativement commune dans le Québec méridional et a continué son expansion vers l'est le long des basses-terres du Saint-Laurent jusqu'à la fin des années '30. Le déclin des populations a commencé à être observé vers le milieu du XX^{e} siècle (Robert et Laporte 1991) et cette espèce est devenue aujourd'hui l'une des plus rares au Québec. Le dernier nid trouvé au Québec l'a été en 1995 à Le Gardeur, près de Montréal, et seuls quelques individus isolés ont été observés au printemps au cours des dernières années (Banque de données sur les oiseaux menacés du Québec - BDOMQ, données inédites).

Les études visant à étudier la biologie de reproduction et à évaluer les causes possibles de ce déclin sont nombreuses et les publications produites au cours des dernières années décrivent bien les pressions auxquelles l'espèce est confrontée (Novak 1989; Cadman 1990; Telfer 1992; Chabot 1994; Chabot et Cuddy 1994; Robert et Laporte 1995; Yosef 1996; Pruitt 2000). À cet effet, la destruction et la dégradation des habitats de nidification et d'hivernage, l'utilisation accrue de pesticides, la compétition intra et interspécifique, et les collisions avec les véhicules motorisés sont souvent évoquées pour expliquer le déclin observé mais les modifications survenues aux habitats de nidification et d'hivernage en seraient les causes les plus probables (voir Cade et Woods 1997). Étant donné que le succès de reproduction des individus étudiés sous nos latitudes semble adéquat pour maintenir une population viable, Brooks et Temple (1990a) concluent que les pertes d'habitat survenues sur les aires d'hivernage du sud des États-Unis pourraient expliquer la baisse des populations de la Pie-grièche migratrice.

À l'instar des autres grandes régions agricoles du continent nord-américain, d'importants changements sont survenus dans les pratiques agricoles au cours de la deuxième moitié du XX^{e} siècle, lesquels ont grandement modifié le paysage rural du sud du Québec. Ainsi, d'une agriculture traditionnelle dominée par les fermes laitières où les pâturages, les fourrages et les cultures céréalières formaient une mosaïque diversifiée d'habitats, l'agriculture intensive pratiquée aujourd'hui dans la plaine du Saint-Laurent a grandement diminué l'hétérogénéité du paysage par l'établissement des cultures céréalières et maraîchères sur de vastes superficies en monoculture. De plus, l'utilisation des grands pâturages extérieurs est de plus

en plus délaissée par les producteurs de bovins qui tendent maintenant à concentrer les animaux dans des enclos réduits ou dans des étables de façon quasi permanente. Les superficies couvertes par les pâturages et les fourrages ont donc subi des baisses importantes alors que les cultures de maïs et de soya occupent maintenant d'immenses surfaces cultivées dans les régions du sud du Québec (Laporte et Robert 1995; Statistique Canada 1997a, 1997b). L'intensification des pratiques agricoles s'est également traduite par une utilisation accrue de pesticides (Reiss et al. 1984; Statistique Canada 1997a) et par la destruction d'habitats marginaux qui entravaient le passage de la machinerie tels les haies brise-vent et les arbres et buissons isolés (Jobin et al. 1996) grandement utilisés par les Pies-grièches migratrices. D'ailleurs, une étude récente visant à évaluer les changements survenus durant la période 1960-1990 aux habitats présents sur les sept derniers sites de nidification connus au Québec a montré que plusieurs haies avaient été détruites dans un rayon de 5 km des nids et que les superficies cultivées avaient augmenté (Chabot 1993). Concomittant à cette tendance, plusieurs fermes laitières ont été abandonnées dans les régions périphériques moins favorables à l'agriculture accentuant d'autant la perte d'habitats favorables à la Pie-grièche migratrice.

Bien que la population québécoise de la Pie-grièche migratrice soit pratiquement éteinte, quelques couples subsistent dans certaines régions de l'Ontario. À cet effet, une population variant de 30 à 40 couples se maintient dans cette province, principalement dans la région de Napanee à l'ouest de Kingston (Grooms 1999). En 1992, le gouvernement ontarien a désigné la Pie-grièche migratrice comme une espèce en danger de disparition en Ontario (Chabot et Cuddy 1994) alors que le gouvernement québécois a récemment désigné cette espèce comme menacée au Québec (Gazette officielle du Québec 2000). De son côté, le comité sur la situation des espèces en péril au Canada, un organisme agissant au niveau national, a statué que la population de l'Est (*L.l. migrans*) était en danger de disparition du Canada (COSEPAC 1999). Un plan national de rétablissement de l'espèce a d'ailleurs été produit dans lequel plusieurs actions sont préconisées afin de maintenir et possiblement augmenter les populations sauvages au pays (Johns et al. 1994). À cet effet, il est indiqué dans ce plan qu'afin de mieux établir les besoins de l'espèce en matière d'habitat, il est primordial de repérer les habitats favorables à la reproduction dont peuvent disposer les Pies-grièches migratrices. Ainsi:

> "On utilisera des systèmes d'information géographique pour examiner les possibilités en matière de détection des habitats au moyen de l'imagerie fournie par satellite, qui serait utilisée concurremment avec des données sur les sols, la végétation et l'utilisation des terres. Cette méthode pourrait nous permettre de repérer des habitats favorables à la reproduction non encore découverts; les travaux relatifs à cette méthode devraient être hautement prioritaires en Ontario et au Québec."
>
> (Johns et al. 1994, p. 19)

La présente étude a donc été entreprise afin d'évaluer la disponibilité de l'habitat de nidification préférentiel de la Pie-grièche migratrice au Québec, soit les pâturages. Les objectifs sont:

1) de caractériser les régions fréquentées et les pâturages utilisés pour la nidification de la Pie-grièche migratrice en Ontario au moyen de l'imagerie satellite et l'analyse du paysage;

2) d'identifier, sur la base des caractéristiques identifiées en Ontario, les régions où sont concentrés les habitats préférentiels de nidification de la Pie-grièche migratrice au Québec;

3) d'évaluer l'effet de la fragmentation des habitats sur l'utilisation du territoire par les Pies-grièches migratrices.

2.0 Méthodes

Il est reconnu que la Pie-grièche migratrice niche dans les habitats ouverts où des arbustes isolés et/ou des haies sont présents, préférentiellement des aubépines. La végétation herbacée doit y être relativement basse. Les pâturages offrent donc à la Pie-grièche migratrice les habitats préférentiels dont elle a besoin pour s'alimenter et se reproduire puisque le bétail y maintient une végétation herbacée basse (Chabot 1994; Robert et Laporte 1995, Chabot et al. 2001). Aussi, bien que l'habitat de nidification préférentiel soit connu, la disponibilité des habitats peut également être précisée en étudiant leur distribution spatiale sur un territoire donné au moyen de l'analyse du paysage. L'imagerie satellite offre l'opportunité d'étudier cet aspect sur de vastes territoires (les outils traditionnels tels les photos aériennes et les cartes imprimées étant peu adéquats pour ce type d'étude), et son utilité à établir des associations "espèce-habitat" a été démontrée à maintes reprises (Scott et al. 1993; Grenier et al. 1994; Carroll et al. 1999; Dettmers et Bart 1999). L'approche suivie a consisté à identifier des critères de sélection d'habitat à des sites de nidification connus dans la région de Napanee-Kingston, dans le sud-est ontarien, où sont concentrés la majorité des sites de nidification actuels de la Pie-grièche migratrice en Ontario, pour par la suite les appliquer aux régions couvrant le sud du Québec. La sélection de l'habitat de nidification se faisant généralement à plusieurs échelles de perception chez les oiseaux (Cody 1985; Saab 1994; Michaels et Cully 1998; Mazerolle et Villard 1999), des critères de sélection d'habitat ont été déterminés à l'échelle régionale au niveau de parcelles de 100 km^2, et à un niveau plus fin, soit à l'échelle du pâturage. Les principales étapes suivies pour atteindre les objectifs sont:

1) Identification de critères de sélection de l'habitat à l'échelle régionale dans des régions où la population nicheuse de Pies-grièches migratrices est suffisante (Napanee-Kingston, Ontario);

2) Identification de critères de sélection de l'habitat à l'échelle du pâturage dans des régions où la population nicheuse de Pies-grièches migratrices est suffisante (Napanee-Kingston, Ontario);

3) Application des 2 groupes de critères de sélection aux régions agricoles du sud du Québec;

4) Validation sur le terrain des sites identifiés.

Les images satellites utilisées sont des images Landsat-TM. Étant donné que la précision spatiale de la donnée extraite des images satellites (1:80000) est moindre que celle extraite d'autres types de données spatiales comme les photographies aériennes (1:15000 ou 1:40000), les résultats présentés s'appliquent donc à l'échelle de résolution inhérente à l'image satellite Landsat-TM, soit le pixel de 30 m de côté. Ainsi, les structures fines composant l'habitat préférentiel de nidification de la Pie-grièche migratrice telles la présence de haies et de buissons d'aubépine de même que la hauteur de la végétation herbacée ne sont pas détectées avec cet outil mais peuvent toutefois influencer le signal enregistré au capteur.

3.0 Identification des critères de sélection de l'habitat (Ontario)

Une image satellite Landsat-TM acquise en juin 1995 et couvrant la région de Napanee-Kingston dans le sud-est ontarien a été classifiée afin de localiser les habitats agricoles de cette région. Le nord de l'image se situe principalement dans des zones forestières alors que le sud couvre la région agricole adjacente au Lac Ontario. La superficie couverte par l'image est de 7200 km^2 et s'étend approximativement d'ouest en est de Brighton à Gananoque et du nord au sud du Upper Rideau Lake à Picton (Figure 1). Les principaux comtés couverts, en tout ou en partie, sont Northumberland, Hastings, Prince Edward, Lennox-Addington, et Frontenac. Mentionnons que les régions de Smiths Falls et de Carden, deux autres secteurs où de nombreux habitats de nidification de la Pie-grièche migratrice sont présents, ne sont pas couvertes par cette image. Une description détaillée des étapes de la classification de cette image est présentée à l'Annexe 1.

3.1 Découpage du territoire en parcelles de 100 km^2

Le territoire couvert par l'image satellite de l'Ontario a été divisé en parcelles de superficie égale (100 km^2) basé sur la projection Universal Transverse Mercator (UTM). Pour ce faire, une grille arbitraire de parcelles débutant au coin inférieur-gauche de l'image a été construite et où chacune des parcelles était espacée de 10000 m. Le point inférieur-gauche de chacune des parcelles était donc les coordonnées UTM arrondies au 10000 m (ex.: UTMest: 470000, UTMnord: 5260000). Une grille de 91 parcelles a ainsi été constituée. Certaines parcelles situées en bordure de l'image ont des zones qui débordent de l'image alors

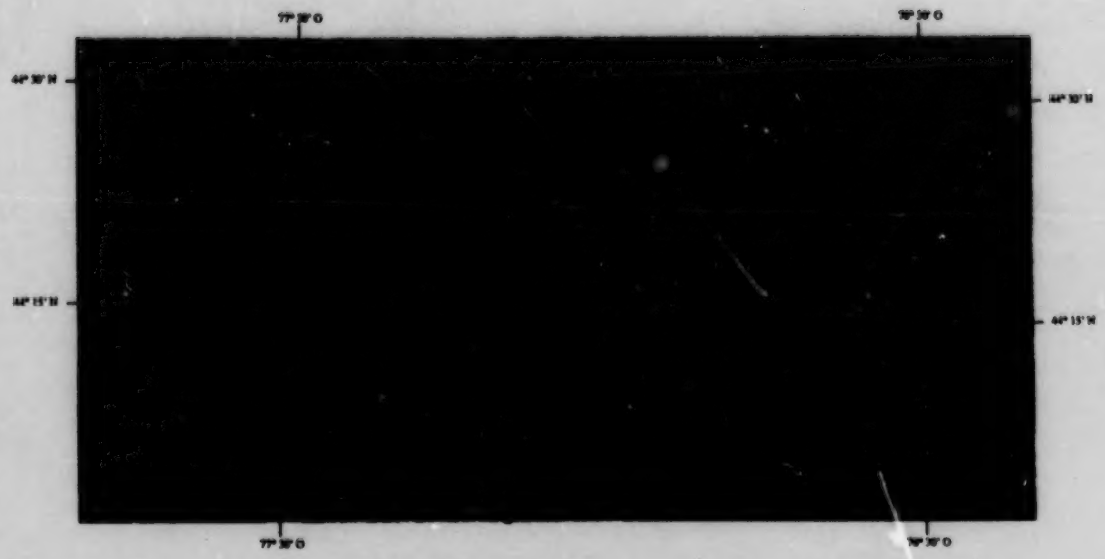
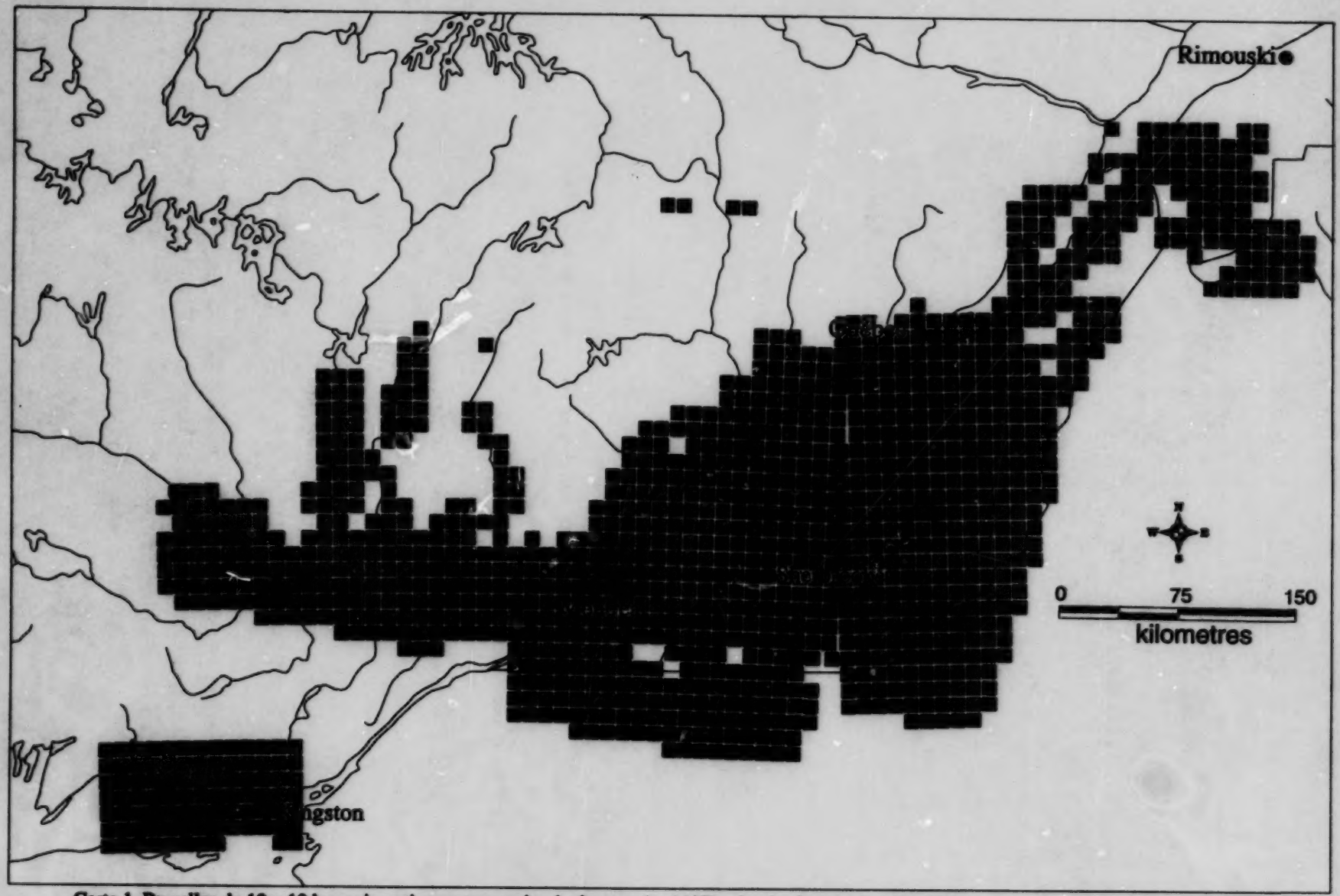


Figure 1. Couverture de l'image satellite de la région de Napanee-Kingston en Ontario, juin 1995.

que 3 parcelles situées dans la partie sud de l'image, laquelle couvre une partie du Lac Ontario, sont entièrement couvertes d'eau (Carte 1). Nous avons caractérisé chacune de ces parcelles selon la superficie couverte et l'arrangement spatial des pâturages en produisant une sous-image extraite de l'image satellite et qui affichait seulement les pâturages. Plusieurs indices de paysage nous renseignant sur la distribution et l'abondance des pâturages dans chacune des parcelles ont par la suite été calculés avec le logiciel d'analyse spatiale FRAGSTATS (McGarigal et Marks 1994). Un total de 19904 pâturages, distribués dans les 88 parcelles de 100 km^2 qui contenaient des pâturages, sont observables sur l'image satellite dont la plupart couvre moins de 1 ha (n=15292; 77%). Le nombre de pâturages couvrant au moins 5 ha, 10 ha, 25 ha, 50 ha et 100 ha est respectivement de 888, 393, 107, 36, et 12.

Pour les calculs des indices de paysage, nous avons évalué arbitrairement que la distance où la présence des habitats adjacents aux pâturages pouvait en modifier l'intégrité physique et biologique (edge effect) était inférieure à 50 m. Par ailleurs, la distance utilisée pour calculer les indices de proximité et de voisinage de chacun des pâturages a été fixée à 500 m de rayon, basé sur la superficie associée à l'aménagement de l'habitat de nidification de la Pie-grièche migratrice en Ontario qui est de 50 ha, soit un territoire d'environ 400 m de rayon (Novak 1989; Cuddy et al. 1993; Chabot et Cuddy 1994; Chabot et al. 2001).

Par ailleurs, les mentions d'observation de Pies-grièches migratrices effectuées durant la période 1991-1997 dans la région de Napanee-Kingston ont été superposées à l'image satellite classifiée. La coordonnée de la mention d'observation a permis d'identifier la parcelle et la classe d'habitat où chacune des mentions



Carte 1. Parcelles de 10 x 10 km qui contiennent au moins 1 pâturage (n=1197) selon les images Landsat-TM couvrant le sud du Québec et la région de Napanee-Kingston en Ontario (Québec: n=823; Ontario: n=191 dont 88 à Napanee; États-Unis: n=71; Nouveau-Brunswick: n=12)

avait été effectuée. Une analyse de la distribution des mentions d'observation dans les habitats observés sur l'image satellite a ainsi été effectuée et est présentée à l'Annexe 2.

3.2 Critères de sélection des parcelles

L'analyse du territoire à l'échelle des parcelles de 100 km^2 a permis de caractériser chacune d'elle au niveau de la disponibilité (superficie, densité, etc.) et de l'arrangement spatial (distribution, forme) des pâturages. Les indices calculés étaient:

- TA: superficie totale des pâturages (ha);
- NP: nombre de pâturages (n);
- PD: densité des pâturages (n/100 ha);
- TCA: superficie totale en habitat d'intérieur de pâturages (core area) en enlevant l'effet de bordure estimé à 50 m (ha);
- MPS: superficie moyenne des pâturages (ha);
- LSI: indice de forme de tous les pâturages de la parcelle;
- MSI: indice de forme moyen des pâturages;
- MNN: distance moyenne entre les pâturages (m);
- Nombre de pâturages couvrant plus de 5 ha (n);
- Nombre de pâturages couvrant plus de 10 ha (n);
- Nombre de pâturages couvrant plus de 25 ha (n);
- Nombre de pâturages couvrant plus de 50 ha (n);
- Nombre de pâturages couvrant plus de 100 ha (n).

Des critères de sélection des parcelles ont par la suite été déterminés à partir des valeurs des indices calculés pour les parcelles où des Pies-grièches migratrices ont été observées dans des pâturages au cours de la période 1991-1997. Seulement 12 parcelles ont ainsi été sélectionnées et les statistiques descriptives de chacun des 13 indices ont été calculées pour ces 12 parcelles (Tableau 1).

Le choix des critères de sélection s'est par la suite fait en plusieurs étapes. Premièrement, nous avons éliminés plusieurs descripteurs qui étaient redondants car ils étaient fortement corrélés entre eux, comme c'est souvent le cas avec les indices de paysage calculés pour un territoire donné (Riitters et al. 1995; Cain et al. 1997). Les variables NP, LSI, MSI, MNN, nb de pâturages>5 ha, nb de pâturages>10 ha, et nb de pâturages > 25 ont été éliminées car elles sont fortement corrélées à la variable TA (NP: r = 0,79; LSI: r = 0,83; MSI: r = 0,87; MNN: r = -0,85; nb de pâturages>5 ha: r = 0,92; nb de pâturages>10 ha: r = 0,96; nb de pâturages>25 ha: r = 0,94). Plusieurs de ces variables n'apportaient d'ailleurs aucune information additionnelle. Par exemple, le nombre de parcelles retenues lorsque seulement 4 critères sont appliqués (TA, PD, TCA, MPS) est similaire à celui résultant de l'application de ces 4 critères additionnés de 1 ou plusieurs des autres critères additionnels. Les critères évaluant le nombre de pâturages > 50 ha et > 100 ha retrouvés dans chacune des parcelles étaient par ailleurs trop restrictifs à l'effet que trop peu de

Tableau 1. Caractéristiques des 12 parcelles où des Pies-grièches migratrices ont été observées dans des pâturages dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997.

Variable	moyenne	écart-type	min	max	médiane
TA	962,5	375,1	345,6	1619,8	1009,0
NP	465,4	108,9	253	626	474,5
PD	52,7	14,3	32,6	80,7	49,3
TCA	244,5	119,0	68,1	443,3	251,1
MPS	2,0	0,5	1,2	3,1	2,0
LSI	24,7	3,8	16,7	29,7	25,4
MSI	1,3	0,0	1,3	1,3	1,3
MNN	102,4	21,9	74,9	149,7	94,1
Nb. de pâturages:					
> 5 ha	34,6	15,4	7	57	38,5
> 10 ha	17,5	8,3	4	32	19,5
> 25 ha	6,0	3,5	1	12	5,5
> 50 ha	2,3	1,9	1	8	2,0
> 100 ha	0,9	1,1	0	3	0,5

parcelles remplissaient ces critères et n'ont donc pas été retenus. Finalement, quatre variables ont été retenues comme critères de sélection des parcelles soit TA, PD, TCA, et MPS.

La valeur minimale ou maximale des descripteurs des parcelles a servi à préciser les critères de sélection des parcelles pouvant receler un nombre important de pâturages disponibles pour la nidification des Pies-grièches migratrices. Nous avons adopté une approche conservatrice en utilisant les valeurs minimales ou maximales des descripteurs comme critères de sélection plutôt que de prendre les valeurs moyennes ou médianes afin de sélectionner le plus grand nombre de parcelles pouvant abriter des Pies-grièches migratrices. Par exemple, la superficie minimale totale des pâturages retrouvés dans ces 12 parcelles est de 3[illegible]5 ha alors que la superficie moyenne est de 962 ha. Si nous avions retenus la moyenne de la superficie totale des pâturages dans ces 12 parcelles comme critère de sélection, plusieurs parcelles pouvant potentiellement héberger des Pies-grièches migratrices mais ayant une superficie totale en pâturage couvrant entre 345 ha et 962 ha n'auraient pas été sélectionnées par ce critère trop restrictif. De plus, en raison de la précision inhérente aux images satellites et afin de sélectionner un nombre maximum de parcelles potentiellement adéquates pour la nidification des Pies-grièches migratrices, les valeurs associées aux descripteurs retenus ont été légèrement abaissées ou augmentées. Les valeurs associées aux critères de sélection des parcelles sont donc:

TA (total area): ≥ 325 ha
PD (patch density): ≤ 85 / 100 ha
TCA (total core area): ≥ 65 ha
MPS (mean patch size):≥ 1,20 ha

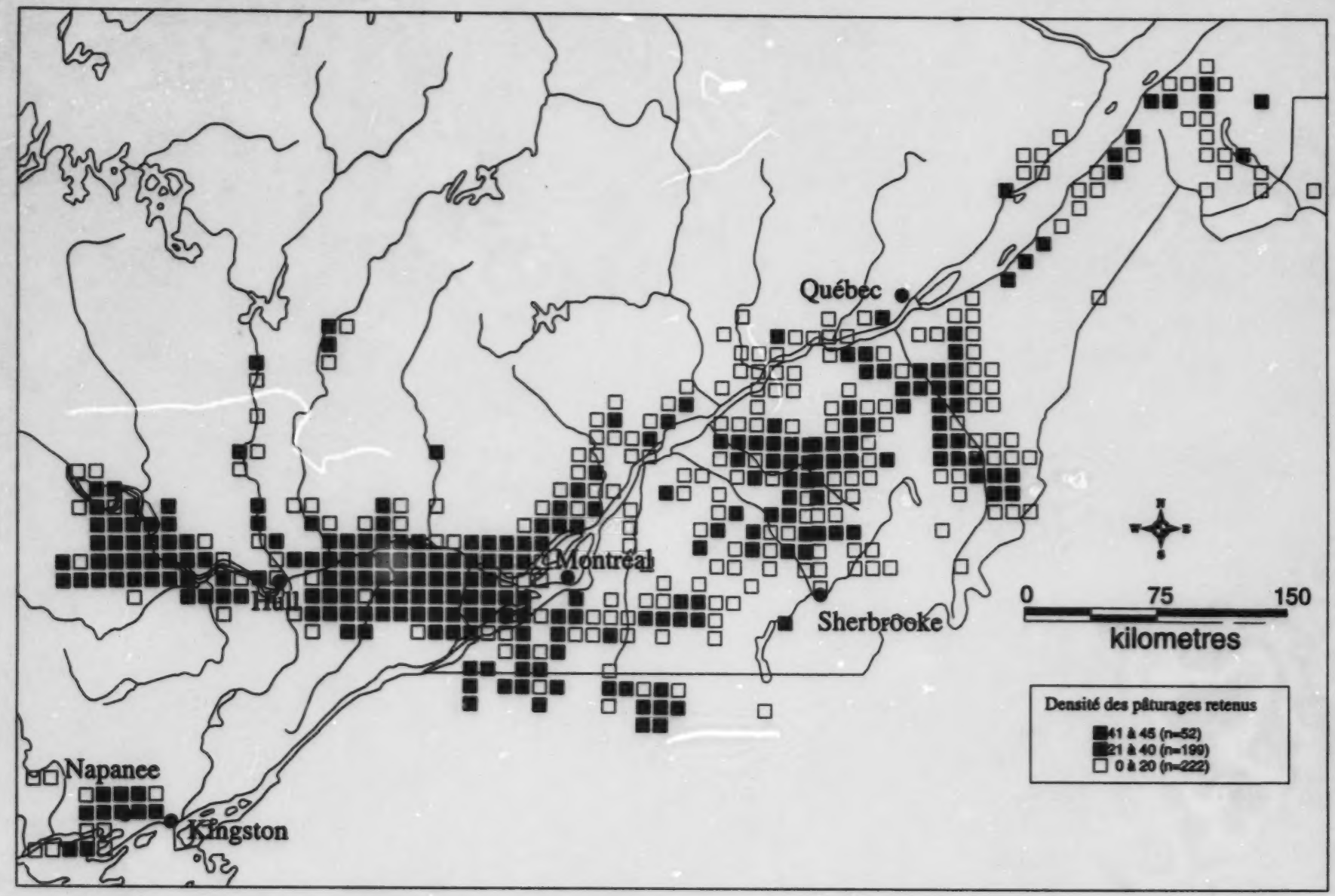
Les parcelles qui présentent une distribution adéquate de pâturages pour la nidification des Pies-grièches migratrices sont donc celles qui remplissent ces quatre critères de sélection qui sont tous étroitement associés à la taille et au nombre de pâturages présents dans une parcelle. Parmi les 88 parcelles qui

contiennent des pâturages sur l'image satellite de l'Ontario, 19 remplissent ces 4 critères de sélection, incluant évidemment les 12 parcelles ayant servi à déterminer ces critères, et situées au nord de Napanee et à l'est de Campbellford. Les 7 parcelles où les pâturages couvrent des superficies importantes mais où aucune Pie-grièche migratrice n'a été observée dans des pâturages sont toutes situées dans la comté de Prince Edward, au sud de Napanee et de Belleville (Carte 2).

La comparaison des descripteurs des parcelles entre les 12 parcelles retenues où des Pies-grièches migratrices ont été observées dans des pâturages avec les 7 parcelles retenues où aucune Pie-grièche migratrice n'a été observée dans des pâturages montre que ces 2 types de parcelles diffèrent peu ou pas quant à leur composition et à l'arrangement des pâturages (même si les valeurs sont généralement supérieures dans les parcelles avec mentions) (Tableau 2). Pour ces comparaisons, le seuil indiquant une différence statistique entre les 2 groupes de parcelles est abaissé à $P < 0.004$ selon la méthode de Bonferroni (0,05/13; i.e., P = 0,05 divisé par 13 comparaisons) afin de tenir compte des problèmes associés à l'inférence simultanée liée à la comparaison de plusieurs variables décrivant un même échantillon (Beal et Khamis 1991). Ces résultats suggèrent donc qu'il y aurait plusieurs secteurs où de bons habitats sont disponibles dans la région de Napanee mais où aucune Pie-grièche migratrice n'a été observée dans un pâturage.

Tableau 2. Comparaison (test de t, moyenne et erreur standard) de la composition en pâturage des parcelles qui remplissent les critères de sélection et où des Pies-grièches migratrices ont ou n'ont pas été observées dans des pâturages, région de Napanee, Ontario.

	Avec mention (n=12 parcelles)		Sans mention (n=7 parcelles)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
TA	962,46	108,29	598,63	74,02	-2,37	0,0302	avec mention = sans mention
NP	465,42	31,43	362,00	33,12	-2,13	0,0477	avec mention = sans mention
PD	52,68	4,14	62,04	3,41	1,55	0,1398	avec mention = sans mention
TCA	244,50	34,35	139,24	18,80	-2,21	0,0411	avec mention = sans mention
MPS	2,03	0,15	1,64	0,10	-1,77	0,0953	avec mention = sans mention
LSI	24,71	1,10	21,13	1,36	-2,02	0,0591	avec mention = sans mention
MSI	1,31	0,01	1,29	0,01	-1,14	0,2683	avec mention = sans mention
MNN	102,40	6,32	112,78	7,93	1,01	0,3255	avec mention = sans mention
Nb. de pâturages:							
> 5 ha	34,58	4,46	25,43	3,99	-1,38	0,1844	avec mention = sans mention
> 10 ha	17,50	2,38	12,86	2,01	-1,33	0,2015	avec mention = sans mention
> 25 ha	6,00	1,00	2,86	0,67	-2,21	0,0404	avec mention = sans mention
> 50 ha	2,33	0,56	0,71	0,42	-2,02	0,0590	avec mention = sans mention
> 100 ha	0,92	0,31	0,14	0,14	-1,81	0,0884	avec mention = sans mention



Carte 2. Parcelles qui remplissent les critères de sélection à l'échelle régionale dans la région de Napanee (n=19) et dans le sud du Québec (n=454). La densité des pâturages qui remplissent les critères de sélection des pâturages est également illustrée.

De plus, on observe une forte relation entre la superficie totale en pâturages dans les parcelles où des Pies-grièches migratrices ont été observées et le nombre total de mentions d'observation de cette espèce dans ces 12 parcelles (Figure 2).

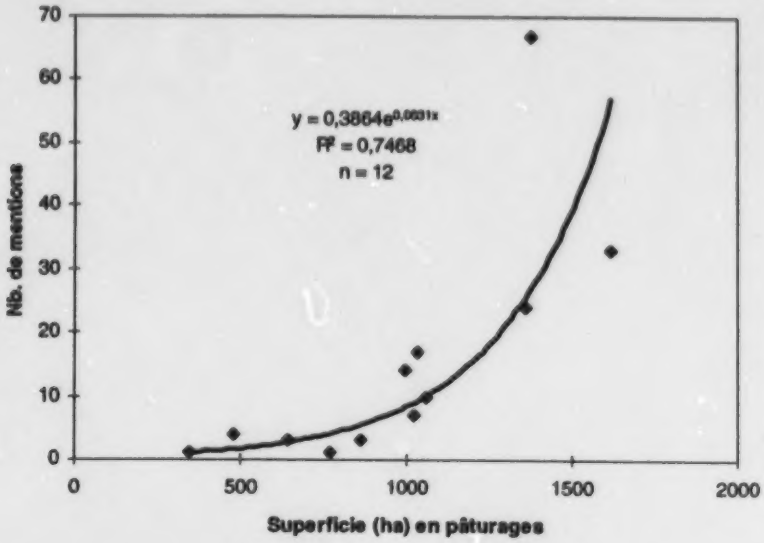


Figure 2. Nombre total de mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans les parcelles où cette espèce a été observée dans des pâturages en fonction de la superficie totale en pâturages dans ces parcelles, région de Napanee, Ontario.

3.3 Critères de sélection des pâturages

En plus d'évaluer les régions où plusieurs habitats potentiels pour la nidification de la Pie-grièche migratrice sont regroupés, la sélection de l'habitat de nidification par les Pies-grièches migratrices lors de leur arrivée sur les sites de nidification se fait également à un niveau plus fin, soit à l'échelle du pâturage. Nous avons donc déterminé des critères de sélection pour identifier les pâturages offrant le plus de potentiel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice. La caractérisation de chacun des pâturages a été effectuée au moyen du Logiciel Patch Analyst (Elkie et al. 1999), un utilitaire associé au Système d'Information Géographique (SIG) ArcView, et du logiciel d'analyse spatiale FRAGSTATS (McGarigal et Marks 1994). Les descripteurs suivants qui caractérisent les pâturages tant au niveau de leur superficie que de leur forme ont été calculés et ce, pour tous les pâturages détectables sur l'image satellite:

- CA: superficie du pâturage (ha);
- TE: périmètre du pâturage (m);
- MPAR: ratio du périmètre sur la superficie du pâturage (m/ha);
- MSI: indice de la forme du pâturage;
- MPFD: dimension fractale du pâturage, indice de la forme du pâturage;
- NEAR: distance du plus proche pâturage (minimum = 25 m) (m).

Ces 6 descripteurs ont été calculés pour les pâturages où la nidification de la Pie-grièche migratrice a été confirmée (nids, jeunes au nid) dans la région d'étude au cours de la période 1991-1997. Nous avons ainsi retenu 14 pâturages (Figure 3) et les statistiques descriptives de ces 14 pâturages sont présentés au tableau 3.

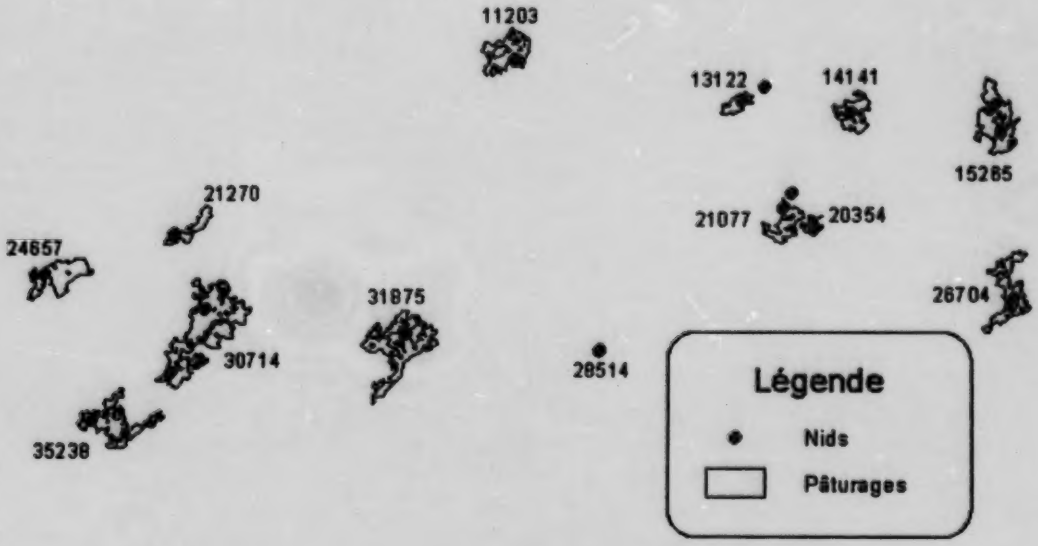


Figure 3. Sous-image extraite de l'image satellite couvrant la région de Napanee, Ontario, qui montre les pâturages où des nids de Pies-grièches migratrices ont été localisés durant la période 1991-1997. (Note: un pâturage est situé hors de la région montrée)

Tableau 3. Caractéristiques des 14 pâturages où des Pies-grièches migratrices ont niché dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997.

Variable	moyenne	écart-type	min	max	médiane
CA	81,71	63,95	4,55	227,15	76,60
TE	10403,15	7236,41	912,87	25043,67	9329,40
MPAR	141,14	28,70	98,40	200,70	145,10
MSI	3,11	1,14	1,21	5,01	2,99
MPFD	1,35	0,04	1,27	1,41	1,35
NEAR	35,71	33,56	25,00	150,00	25,00

Comme dans le cas de l'identification des critères de sélection des parcelles à l'échelle régionale, certains de ces descripteurs ont été retenus et d'autres ont été éliminés en fonction de plusieurs critères: corrélations fortes entre les variables, pertinence en fonction des connaissances de l'habitat de nidification

de la Pie-grièche migratrice, facilité d'interprétation, et influence sur la sélection des pâturages (élimine ou garde plusieurs pâturages). Les variables TE, MSI et MPFD ont été éliminées car elles sont fortement corrélées à la variable CA (TE: r = 0,97; MSI: r=0,85; MPFD: r=0,72) alors que la variable évaluant la distance du plus proche pâturage (NEAR ≤ 150 m) n'a pas été retenue en raison de sa faible influence sur la sélection des pâturages. Deux variables ont donc été retenues comme critères de sélection des pâturages soit CA et MPAR:

La valeur minimale ou maximale de ces descripteurs a également servi à préciser les critères de sélection des pâturages où des Pies-grièches migratrices pourraient nicher. Malgré le fait que le plus petit pâturage où un nid a été trouvé était de 4,6 ha, nous avons convenu que la superficie minimale des pâturages adéquats pour la nidification de la Pie-grièche migratrice est de 5 ha, cette valeur étant représentative de la superficie de l'habitat de nidification généralement utilisé par cette espèce dans nos régions (Novak 1989, Robert et Laporte 1995) de même qu'ailleurs en Amérique du Nord (voir Yosef 1996). Dans le cas du ratio périmètre/superficie (MPAR), la valeur minimale était de 200 mais cette valeur varie grandement en fonction de la superficie du pâturage et la sélection des pâturages à ce seuil (MPAR<200) éliminait un nombre trop élevé de pâturages. La valeur retenue de 250 est donc plutôt conservatrice. Les valeurs associées aux critères de sélection des pâturages sont donc:

CA (class area): ≥ 5 ha
MPAR (mean perimeter-area ratio): ≤ 250 m/ha

Les pâturages qui seraient adéquats pour la nidification de la Pie-grièche migratrice sont donc ceux qui remplissent ces deux critères de sélection. Les valeurs retenues indiquent que ces derniers doivent couvrir une bonne superficie tout en minimisant leur ratio périmètre/surface. Les pâturages de forme arrondie seront donc favorisés alors que les grands pâturages rectilignes seront éliminés (Figure 4).

Mentionnons qu'un total de 397 pâturages parmi les 19904 observables sur l'image de l'Ontario (2%) remplissent ces critères dont 292 (74%) sont localisés dans les 19 parcelles qui remplissent les critères de sélection des parcelles (Tableau 4) (Carte 2). Près de la moitié des pâturages dont la superficie est supérieure à 5 ha remplissent les critères de sélection alors que ceux dont la superficie est supérieure à 25 ha sont presque tous retenus.

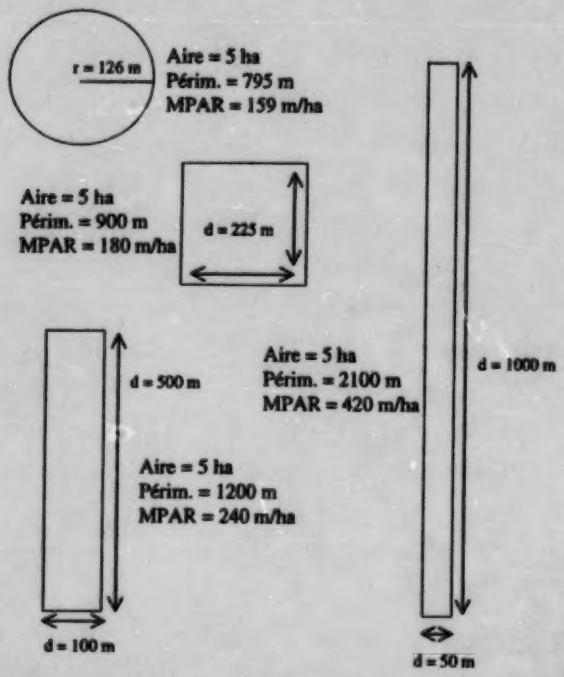


Figure 4. Schéma montrant la relation entre la superficie et le périmètre des pâturages. Les pâturages sélectionnés sont ceux qui minimisent le ratio entre l'aire et le périmètre (MPAR ≤ 250 m/ha).

Tableau 4. Nombre total de pâturages et nombre de pâturages remplissant les critères de sélection, région de Napanee-Kingston, Ontario.

Classe de superficie	Tous	Pâturages retenus		Pâturages retenus dans parcelles retenues
		n	%	
tous	19904	397	2,0	292
≥ 5 ha	888	397	44,7	292
≥ 10 ha	393	274	69,7	213
≥ 25 ha	107	101	94,4	86
≥ 50 ha	36	36	100,0	33
≥ 100 ha	12	12	100,0	12

Il est intéressant de constater que la moyenne des deux variables retenues comme critères de sélection (CA, MPAR) diffère peu entre les 205 pâturages retenus situés dans les 12 parcelles retenues où des Pies-grièches migratrices ont été observées dans des pâturages comparativement aux 87 pâturages situés dans les 7 parcelles retenues mais sans mentions de Pies-grièches migratrices (voir section précédente pour la distinction des 2 groupes de parcelles) (Tableau 5).

Tableau 5. Comparaison (test de t, moyenne et erreur standard) de la superficie (CA) et du ratio périmètre/surface (MPAR) entre les pâturages qui remplissent les critères de sélection en Ontario et situés dans les parcelles qui remplissent les critères de sélection où des Pies-grièches migratrices ont (n=12 parcelles) ou n'ont pas (n=7 parcelles) été observées dans des pâturages.

	Parcelles avec mention (n=205 pâturages)		Parcelles sans mention (n=87 pâturages)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
CA	27,70	2,15	20,30	2,12	2,07	0,0394	avec mention > sans mention
MPAR	205,68	2,19	204,42	3,23	0,32	0,7521	avec mention = sans mention

4.0 Application des critères de sélection aux régions agricoles du sud du Québec

Les critères de sélection des parcelles et des pâturages étant identifiés à partir des informations extraites de l'image satellite couvrant la région de Napanee-Kingston, ces critères ont été appliqués aux mêmes informations extraites d'images satellites couvrant le sud du Québec (de la région du Pontiac à celle du Témiscouata) et ayant été classifiées de façon similaire. Le territoire couvert est en fait une mosaïque de sept images satellites Landsat-TM (six acquises pendant les étés 1993-1994 et une acquise en 1989) ayant déjà été classifiées dans le cadre d'un autre projet (voir Bélanger et al. 1999 pour les détails de la classification de ces images) (Figure 5).

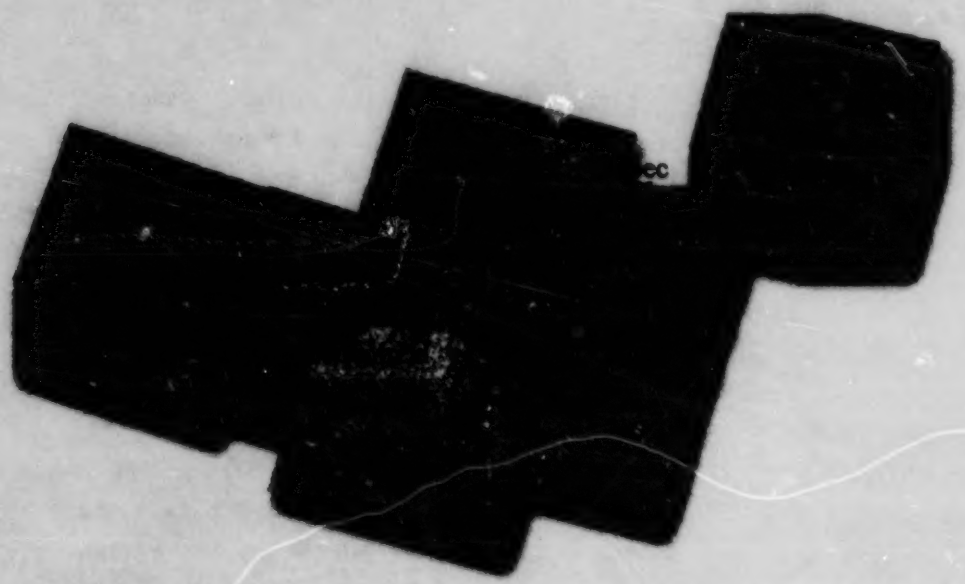


Figure 5. Région couverte par les images satellites du sud du Québec, étés 1993-1994.

Le territoire couvert par les images satellites du sud du Québec et des régions périphériques (est de l'Ontario, nord-est des États-Unis, nord du Nouveau-Brunswick) englobe principalement la plaine agricole du Saint-Laurent et les régions forestières des basses Laurentides et des Appalaches. Ainsi, les régions situées au sud-ouest de Trois-Rivières se caractérisent par la présence d'importantes superficies en culture intensive (céréales, maraîcher) alors que l'importance des habitats associés aux fermes laitières (pâturages, fourrages) s'accentue dans les régions situées plus à l'est. Par ailleurs, l'agriculture étant moins pratiquée dans les régions situées en altitude (Laurentides, Appalaches), les zones forestières y couvrent donc de grandes superficies.

Comme ce fut le cas avec l'image de l'Ontario, le territoire couvert par les images satellites du Québec, soit près de 17 millions d'hectares (170000 km^2), a été divisé en parcelles de superficie égale (100 km^2) basé sur la projection Universal Transverse Mercator (UTM), et où chacune des parcelles était espacée de 10000 m. Une grille arbitraire d'environ 1700 parcelles a ainsi été constituée pour couvrir les sept images satellites et de ce nombre, 1109 parcelles, dont 823 sont situés au Québec, contiennent au moins un pâturage (Carte 1). Chacune des parcelles a ensuite été caractérisée en fonction des superficies couvertes par les pâturages et de l'arrangement spatial de ceux-ci au moyen du logiciel d'analyse spatiale FRAGSTATS (McGarigal et Marks 1994). Une sous-image affichant seulement les pâturages a également été produite et les indices du paysage ont été calculés pour chaque parcelle. Cette sous-image a également servi à caractériser chaque pâturage au niveau de sa forme et de sa superficie à l'aide du logiciel FRAGSTATS. La variable MPAR (=TE/CA) et a été calculée suite aux résultats produits par FRAGSTATS.

Les critères de sélection déterminés à partir de l'image de l'Ontario ont donc été appliqués aux images décrivant les parcelles et les pâturages du Québec. Les pâturages qui offriraient un potentiel élevé pour la nidification de la Pie-grièche migratrice sont donc ceux qui remplissent les deux groupes de critères de sélection: 1) ils doivent être situés dans des parcelles qui remplissent les critères de sélection à l'échelle des parcelles de 100 km^2 et 2) ils doivent remplir les critères de sélection des pâturages.

4.1 Sélection des parcelles

Les 13 descripteurs de la composition et de l'arrangement des pâturages dans les parcelles de 100 km^2 ont été calculés pour chacune des 823 parcelles qui contiennent au moins un pâturage et qui découpent les images satellites du sud du Québec et les 4 critères de sélection de l'habitat à l'échelle régionale (parcelles de 100 km^2) ont été appliqués à ces parcelles. Un total de 359 parcelles remplissent ces critères.

Les parcelles retenues sont majoritairement situées sur la rive sud du Saint-Laurent entre la frontière ontarienne et la Beauce (Carte 2). Quelques parcelles situées dans les régions agricoles du Bas-du-Fleuve

et de la région de Témiscouata de même que dans la région de Charlevoix sur la rive nord du fleuve remplissent les critères de sélection. À l'ouest de Québec, on retrouve également plusieurs parcelles retenues dans les régions de Portneuf, Lanaudière, les basses Laurentides, l'Outaouais, le Pontiac et la Haute-Gatineau. Il est à noter que peu de parcelles sont retenues dans les Appalaches, dans la région de Montréal et dans les régions de culture intensive des bassins versants des rivières Richelieu et Yamaska. Les parcelles qui remplissent les critères de sélection mais qui sont situées à l'extérieur du Québec (Ontario, États-Unis, Nouveau-Brunswick) sont affichées sur la carte 2 mais ne font l'objet d'aucune analyse. Comme attendu, la composition et l'arrangement des pâturages sont plus favorables aux Pies-grièches migratrices dans les parcelles retenues que dans celles qui ne remplissent pas les critères de sélection (Tableau 6).

Tableau 6. Comparaison (test de t, moyenne et erreur standard) de la composition en pâturage des parcelles de 100 km^2 qui remplissent et qui ne remplissent pas les critères de sélection au Québec.

	Retenues (n=359)		Non retenues (n=464)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
TA	749,59	16,96	212,83	8,07	-30,66	< 0,0001	retenues > non retenues
PD	55,39	0,67	120,34	7,59	7,51	< 0,0001	non retenues > retenues
TCA	150,25	4,57	27,49	1,02	-29,36	< 0,0001	retenues > non retenues
MPS	1,92	0,03	1,24	0,03	-16,05	< 0,0001	retenues > non retenues

4.2 Sélection des pâturages

Un total de 230209 pâturages sont observables sur les images satellites qui couvrent le sud du Québec. Tout comme en Ontario, une très forte proportion de ces pâturages (n=164820; 72%) couvre moins d'un hectare alors que seulement 302 pâturages couvrent ≥ 50 ha dont 36 sont ≥ 100 ha (Tableau 7).

Tableau 7. Nombre et taille des pâturages observables sur les images satellites couvrant le sud du Québec.

Superficie	Nombre	%
Tous	230209	100,00
≥ 1 ha	65389	28,40
≥ 5 ha	16657	7,24
≥ 10 ha	7117	3,09
≥ 25 ha	1507	0,65
≥ 50 ha	302	0,13
≥ 100 ha	36	0,02

Seulement 5559 des 230209 pâturages (2,4%) remplissent les critères de sélection à l'échelle du pâturage, dont 4460 (80%) sont localisés dans les 359 parcelles qui remplissent les critères de sélection des parcelles (Tableau 8). Ces proportions sont similaires à celles calculées pour les pâturages observables sur l'image de l'Ontario. Le tiers des pâturages dont la superficie est supérieure à 5 ha remplissent les critères de sélection (comparativement à 45% en Ontario) alors que 77% des pâturages dont la superficie est supérieure à 25 ha sont retenus (comparativement à 94% en Ontario).

Tableau 8. Nombre total de pâturages et nombre de pâturages remplissant les critères de sélection à partir des images satellites couvrant le sud du Québec.

Classe de superficie	Tous	Pâturages retenus		Pâturages retenus dans parcelles retenues
		n	%	
tous	230209	5559	2,4	4460
≥ 5 ha	16657	5559	33,4	4460
≥ 10 ha	7117	3760	52,8	3118
≥ 25 ha	1507	1158	76,8	1019
≥ 50 ha	302	269	89,1	246
≥ 100 ha	36	36	100,0	35

Les parcelles qui englobent un grand nombre de pâturages retenus sont regroupées dans quelques régions bien distinctes. Ainsi, les régions de la Beauce, des Bois-Francs, du sud-ouest de Montréal, et des basses Laurentides dans les secteurs de Lachute et de l'Outaouais, offrent toutes un nombre élevé de pâturages qui remplissent les critères de sélection et situés dans des parcelles retenues (Carte 2).

5.0 Validation *in situ* des pâturages sélectionnés

Comme il en a été question précédemment, les structures fines qui composent l'habitat préférentiel de nidification de la Pie-grièche migratrice telles la présence de haies et de buissons d'aubépine de même que la hauteur de la végétation herbacée ne sont pas détectées sur les images satellites. Afin de valider l'identification des pâturages sur les images satellites de même que pour en décrire la structure physique, plusieurs pâturages sélectionnés ont fait l'objet d'une visite sur le terrain entre le 23 juin et le 7 août 2000.

Toutefois, certaines des 359 parcelles qui remplissent les critères de sélection des parcelles sont localisées hors de l'aire historique de répartition de la Pie-grièche migratrice au Québec où cette espèce pouvait historiquement nicher de façon régulière (Cadman 1990). Nous avons donc éliminé 49 parcelles situées dans les régions périphériques (Bas-Saint-Laurent et Hautes-Laurentides) où les mentions de nidification passées sont rares et très sporadiques. Nous avons donc concentré la validation des pâturages dans 310 parcelles. Le nombre de pâturages pouvant éventuellement faire l'objet d'une visite était donc de 3988 pâturages répartis dans ces 310 parcelles.

5.1 Effort d'échantillonnage

La sélection des sites devant faire l'objet d'une visite a d'abord été dirigée par une sélection des parcelles qui remplissent les critères de sélection des parcelles et ce, afin d'orienter les efforts de validation vers les régions où la couverture spatiale et l'arrangement des pâturages sont similaires à celles fréquentées par les Pies-grièches migratrices en Ontario. Sachant, par ailleurs, que l'agriculture pratiquée dans le sud du Québec varie d'une région à l'autre, nous avons regroupé les parcelles en fonction du type d'agriculture qui domine le paysage où elles se situent et selon leur situation géographique. Le Québec agricole a donc été divisé en grands secteurs basés sur 1) l'affectation des sols (Jobin et al. en prép.) et 2) la classification des sols selon leur aptitude à la production agricole (Environnement Canada 1972). Jobin et al. (en prép.) ont produit une carte délimitant les principaux macro-paysages agricoles de la plaine du Saint-Laurent à partir des données décrivant l'affectation des sols extraites des mêmes images satellites Landsat-TM (1993-1994) que celles utilisées dans la présente étude mais compilées dans les polygones délimitant les pédo-paysages du Canada tel que défini par Centre for Land and Biological Resources Research (1996) et ce, pour les régions agricoles couvrant la plaine du Saint-Laurent et les régions du Lac Saint-Jean et de l'Abitibi. La carte ainsi produite montre que les grandes cultures (maïs, soya, céréales, cultures maraîchères) dominent dans les régions situées à l'ouest et au sud de Trois-Rivières tandis que les exploitations laitières (fourrages, pâturages) dominent dans les régions périphériques (piedmont des Appalaches, Beauce, Outaouais). Quant à l'aptitude des sols à la production agricole (Environnement Canada 1972), la carte disponible indique que les sols classés 1 à 4 conviennent non seulement aux cultures avec labours mais aussi aux productions fourragères tandis que les sols classés 5 et 6 se prêtent uniquement à la productions de fourrages et de pâturages. Ces deux groupes de types de sol ont été superposés à la carte des macro-paysages de Jobin et al. (en prép.) et les régions dominées par les sols classés 1-4 étaient généralement situés dans les régions où dominent les grandes cultures. Ces régions ont donc été séparées de celles où dominent les exploitations laitières pour ainsi diviser la plaine du Saint-Laurent en deux grands secteurs. Par ailleurs, étant donné la situation géographique éloignée des parcelles de l'Outaouais relativement à celles de la plaine du Saint-Laurent et vu que les productions laitières dominent le paysage agricole de cette région, cette dernière a été désignée comme étant un secteur en soi. Les trois secteurs où les parcelles ont fait l'objet d'une sélection sont donc:

1) Plaine du Saint-Laurent où dominent les grandes cultures (Plaine-Grandes cultures);
2) Plaine du Saint-Laurent où dominent les exploitations laitières (Plaine-Lait);
3) Outaouais où l'on retrouve principalement des exploitations laitières (Outaouais-Lait).

De plus, le nombre de pâturages qui remplissent les critères de sélection des pâturages varie grandement d'une parcelle à l'autre. Afin de sélectionner des parcelles qui présentent une couverture spatiale variée en pâturages, les parcelles de chacun des trois grands secteurs ont fait l'objet d'un second niveau de

regroupement, cette fois basé sur la densité des pâturages sélectionnés. Trois groupes de parcelles ont ainsi été formés pour chacun des secteurs. La sélection des parcelles s'est donc effectuée de façon aléatoire et proportionnelle en fonction du nombre de parcelles regroupées dans chacun des neuf groupes de parcelles distingués en fonction de leur position géographique dans chacun des trois secteurs agricoles et de la densité des pâturages qui remplissent les critères de sélection (Figure 6).

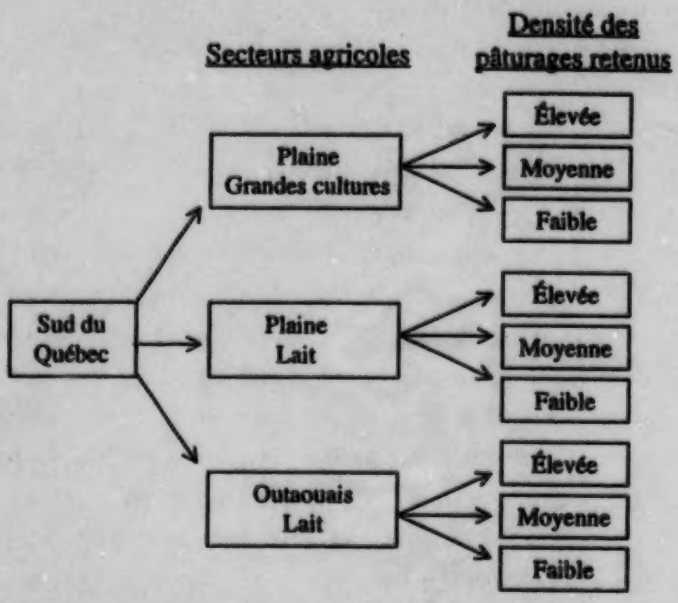
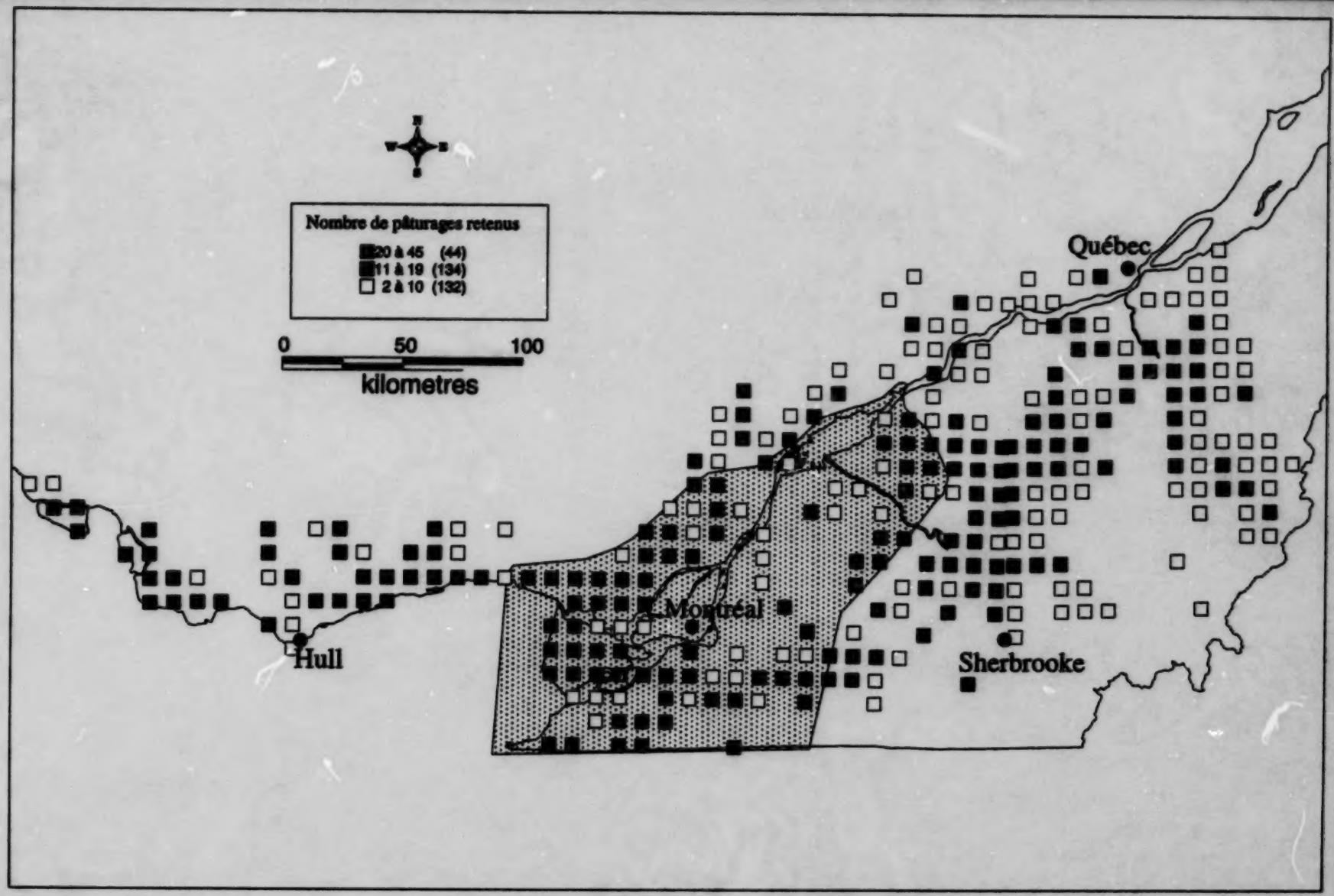


Figure 6. Groupes de parcelles formés pour sélectionner celles à visiter basés sur leur distribution dans les secteurs agricoles et selon la densité des pâturages retenus.

La fonction "Natural Breaks" du logiciel MapInfo (MapInfo Corporation 2000) qui permet de déterminer des limites de classes en minimisant la variabilité intra-groupe tout en maximisant la variabilité inter-groupes a été utilisée pour déterminer les limites des classes de densité des pâturages. La répartition des 310 parcelles retenues dans les 9 groupes de parcelles de même que le nombre total de pâturages qui remplissent les critères de sélection sont présentés au tableau 9 et à la carte 3.

Le nombre de parcelles sélectionnées aléatoirement et de façon proportionnelle dans chacun des groupes était dirigé par différents critères dont 1) un minimum de 2 parcelles devaient être échantillonnées dans chacun des groupes, 2) le nombre total de parcelles devait permettre d'échantillonner un nombre suffisant de pâturages pour obtenir une image juste de la situation actuelle des pâturages du sud du Québec, et 3) le nombre total de parcelles ne devait pas être excessif en raison des ressources allouées à la validation des sites sur le terrain. Tous les pâturages qui remplissent les critères de sélection des pâturages ont été visités



Carte 3. Nombre de pâturages retenus (CA>= 5 ha et MPAR<= 250 m/ha) dans chacune des parcelles retenues au Québec (n=310) situées dans l'aire de nidification historique de la Pie-grièche migratrice. La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.

dans les parcelles ainsi sélectionnées. Le nombre de parcelles échantillonnées de même que le nombre de pâturages visités pour chacun des groupes de parcelles sont présentés au tableau 10.

Tableau 9. Répartition des parcelles et des pâturages dans les 9 groupes de parcelles en fonction de l'intensité de l'agriculture et de la densité des pâturages retenus.

	Secteur agricole							
	Plaine Grandes cultures		Plaine Exploit. lait.		Outaouais Exploit. lait.		Total	
Densité des pâturages	Parcelle	Pâturage	Parcelle	Pâturage	Parcelle	Pâturage	Parcelle	Pâturage
20 à 45	16	423	15	365	13	347	44	1135
11 à 19	47	648	69	969	18	257	134	1874
2 à 10	29	208	90	672	13	99	132	979
Total	92	1279	174	2006	44	703	310	3988

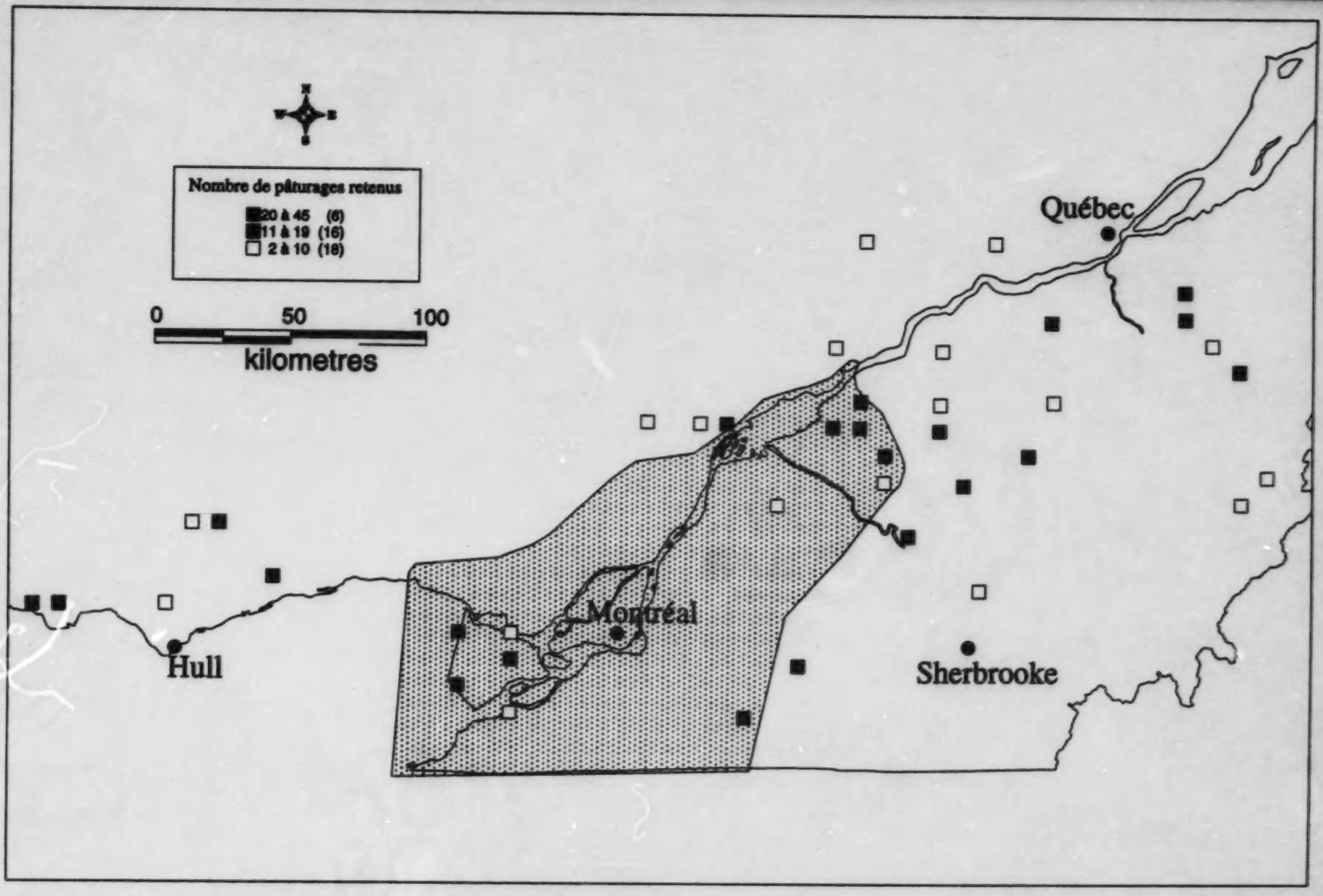
Tableau 10. Nombre de parcelles échantillonnées et nombre de pâturages visités dans chacun des groupes de parcelles.

	Secteur agricole							
	Plaine Grandes cultures		Plaine Exploit. lait.		Outaouais Exploit. lait.		Total	
Densité des pâturages	Parcelle	Pâturage	Parcelle	Pâturage	Parcelle	Pâturage	Parcelle	Pâturage
20 à 45	2 (12,5%)	72 (17,0%)	2 (13,3%)	46 (12,6%)	2 (15,4%)	47 (13,5%)	6 (13,6%)	165 (14,5%)
11 à 19	6 (12,8%)	81 (12,5%)	8 (11,6%)	120 (12,4%)	2 (11,1%)	27 (10,5%)	16 (11,9%)	228 (12,2%)
2 à 10	4 (13,8%)	23 (11,1%)	12 (13,3%)	90 (13,4%)	2 (15,4%)	18 (18,2%)	18 (13,6%)	131 (13,4%)
Total	12 (13,0%)	176 (13,8%)	22 (12,6%)	256 (12,8%)	6 (13,6%)	92 (13,1%)	40 (12,9%)	524 (13,1%)

Le nombre de parcelles visitées s'élève à 40 tandis que le nombre de pâturages visités s'élève à 524 (Carte 4). En général, le nombre de parcelles échantillonnées représente entre 11% et 15% du nombre total de parcelles de chaque groupe tandis que le nombre de pâturages visités représente entre 10% et 18% du nombre total de pâturages pouvant faire l'objet d'une visite.

L'identification des sites potentiels de nidification pour la Pie-grièche migratrice dans le sud du Québec de même que la sélection des sites à être visités pour en valider le statut s'est donc faite par étapes et la figure 7 présente un diagramme qui synthétise les informations sur le nombre de parcelles et de pâturages sélectionnés à chacune des étapes.

Afin de faciliter la localisation des pâturages à être visités, une sous-image affichant uniquement les pâturages sélectionnés a été produite pour chaque parcelle sélectionnée sur laquelle les agglomérations urbaines et les réseaux routiers, hydrographiques et ferroviaires provenant des cartes numériques à l'échelle 1:50000 ont été superposés. Ces cartes ont par la suite été transposées sur les cartes topographiques papier à l'échelle 1:50000. Chaque pâturage visité a fait l'objet d'une description visuelle



Carte 4. Densité des pâturages retenus dans les parcelles sélectionnées (n=40) pour la validation du statut des pâturages. La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.

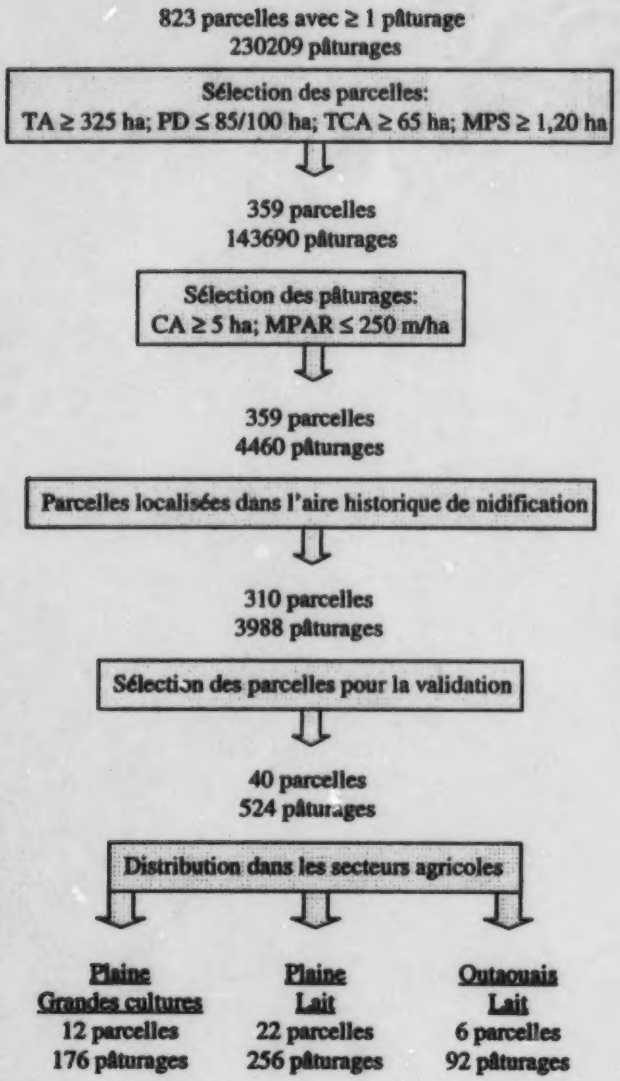


Figure 7. Diagramme présentant les étapes de sélection des parcelles et des pâturages au Québec.

où le statut actuel (affectation du sol lors de la visite à l'été 2000) et le type de pâturage (naturel ou amélioré) étaient notés. Nous entendons par "pâturage naturel" un pâturage dont la topographie entrave le passage de la machinerie agricole et où le type de sol est impropre à la culture avec labour. On y retrouve généralement des arbres et arbustes isolés, des affleurements rocheux, des amas de roches, etc. et c'est ce type de pâturage qu'affectionne particulièrement la Pie-grièche migratrice.

Par ailleurs, un pâturage amélioré[1] présente généralement une topographie peu accidentée, offre la possibilité de labours, peut être soumis à un drainage souterrain, et est généralement dépourvu d'arbres, d'arbustes isolés, d'amas de roches, etc. Les cultures fourragères qui accueillent le bétail entre les coupes successives sont typiques d'un pâturage amélioré et peuvent supporter d'autres types de culture d'une année à l'autre dans le cadre d'une régie des terres avec rotation des cultures. Les pâturages améliorés ont donc été catégorisés comme tel de façon visuelle.

Mentionnons que la présence ou l'absence de clôtures (électriques ou non) et leur état (clôture rénovée ou brisée, avec ouverture, fils barbelés manquants, etc.) nous renseignaient grandement sur le statut des sites visités et permettaient ainsi de déterminer si les sites étaient des fourrages, des pâturages ou des friches. De plus, la grande majorité des sites étaient visibles à partir de la route alors que certains étaient accessibles par le biais de sentiers ou de voies ferrées. Afin de maximiser le temps nécessaire pour visiter l'ensemble des pâturages sélectionnés dans chacune des parcelles, quelques sites inaccessibles n'ont pas été visités. Aucun inventaire végétal n'a été effectué aux sites visités et les propriétaires terriens n'ont pas été contactés. Enfin, les pâturages et régions non retenus lors de la sélection des parcelles et des pâturages mais qui présentaient un fort potentiel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice et découverts au passage lors de la validation des sites sur le terrain ont été notés afin de décrire plus adéquatement les paysages agricoles des différentes régions visitées.

5.2 Statut des pâturages visités

Plusieurs des pâturages visités avaient un statut différent de celui indiqué sur les images satellites, c'est-à-dire que les sites visités n'étaient pas des pâturages. De fait, 330 des 524 sites visités (63%) étaient toujours des pâturages, que ce soit en tout ou en partie, i.e., les sites visités étaient entièrement ou partiellement couverts de pâturages. Neuf sites n'ont par ailleurs pu être visités en raison de leur inaccessibilité. Plus des 2/3 des pâturages visités dans les secteurs où dominent les exploitations laitières étaient des pâturages (en tout ou en partie) tandis que moins de la moitié des sites visités dans le secteur des grandes cultures étaient des pâturages (χ^2=26,98; P<0,0001) (Figure 8). Les sites qui n'étaient pas des pâturages à l'été 2000 étaient principalement des fourrages, des grandes cultures ou des friches dans les secteurs agricoles dominés par les exploitations laitières tandis que les sites qui avaient un statut autre que celui de pâturage dans le secteur des grandes cultures étaient principalement des grandes cultures ou des fourrages.

[1] Le terme "pâturage amélioré" fait référence à un type de pâturage où des espèces fourragères ont été ensemencées pour en augmenter la qualité pour l'alimentation du bétail. Ce terme est une traduction de l'expression anglaise "improved pasture" et n'est plus couramment utilisé; on parle désormais de pâturage artificiel ou ensemencé (tame or seeded pasture). Dans le contexte où nous faisons référence à un habitat pour une espèce en particulier, il serait plus juste de parler de "pâturage aménagé". L'utilisation du terme pâturage amélioré sera toutefois conservée dans le présent document.

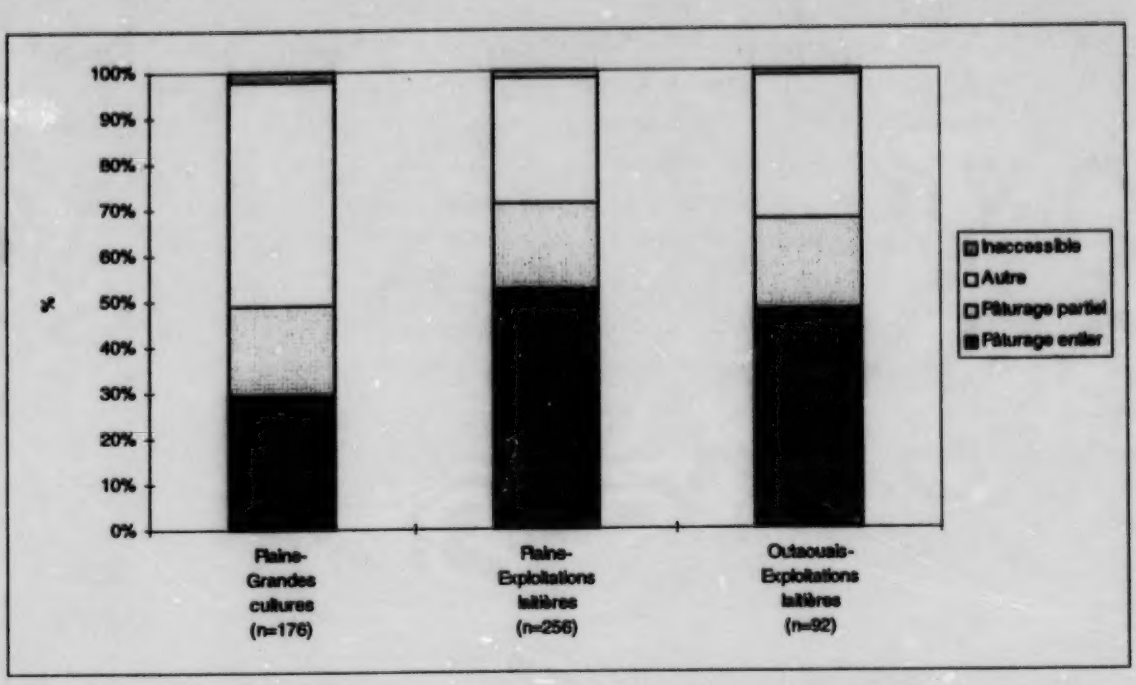


Figure 8. Statut des 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles.

Dans les secteurs où dominent les exploitations laitières, le statut des pâturages visités était par ailleurs similaire entre les trois classes de densité de pâturages (Plaine-Lait: χ^2=0,49; P=0,9744; Outaouais-Lait: χ^2=5,65; P=0,2272) tandis que dans le secteur des grandes cultures, les sites qui avaient un statut autre que celui de pâturage étaient relativement plus nombreux dans les parcelles où la densité de pâturages était élevée (χ^2=21,54; P=0,0002) (Figure 9).

L'importance relative des sites couverts par des pâturages naturels était plus élevée dans l'Outaouais (34%) suivi du secteur laitier de la plaine du Saint-Laurent (22%) (χ^2=41,08; P<0,0001) (Figure 10). L'importance relative des pâturages naturels était par ailleurs très faible dans les zones de grandes cultures (8%).

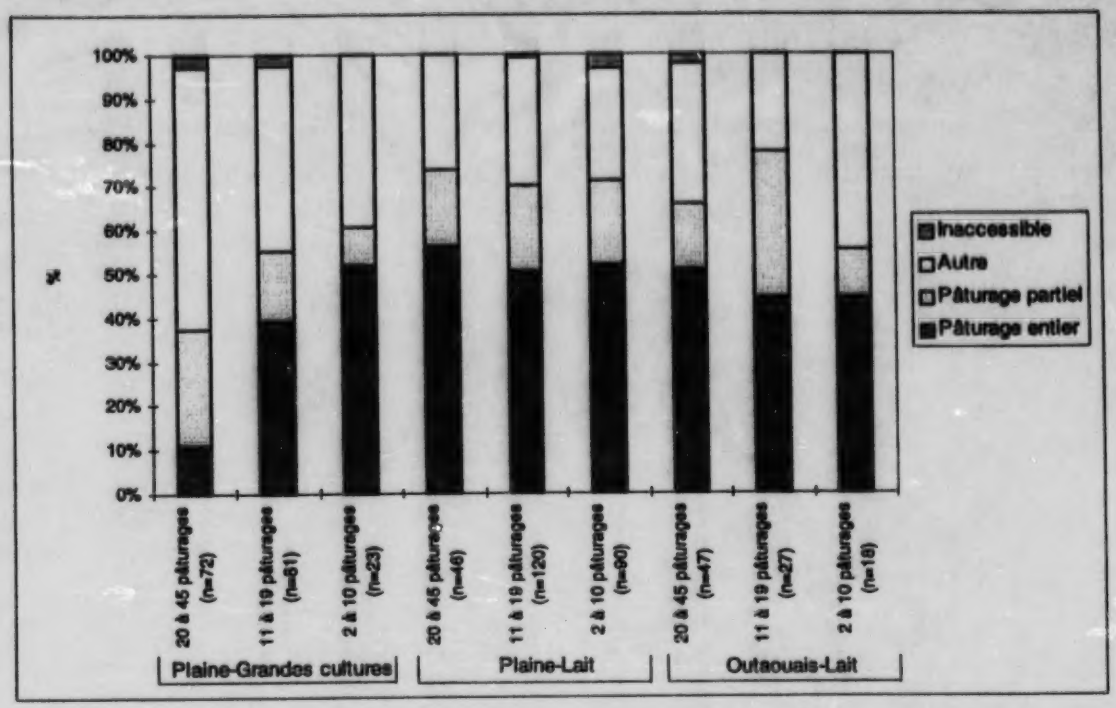


Figure 9. Statut des 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles et selon la densité des pâturages dans les parcelles.

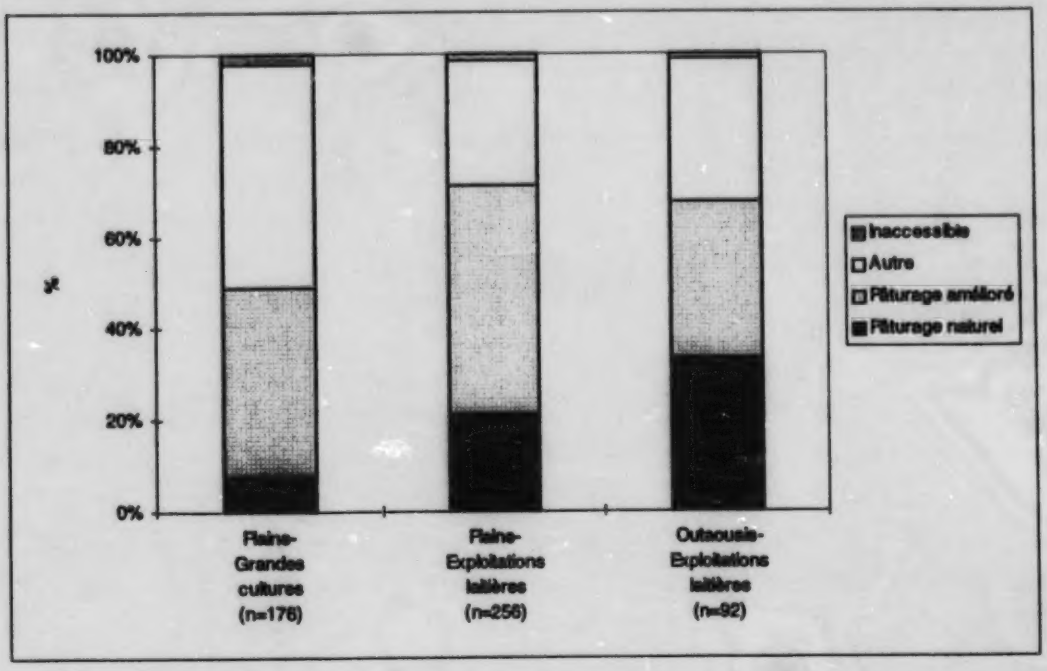


Figure 10. Importance relative des pâturages naturels et améliorés dans les 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles.

On observe également que l'importance relative des pâturages naturels et améliorés varie peu dans chacun des secteurs agricoles en fonction de la densité de pâturages dans les parcelles (Plaine-Gcult: χ^2=6,66; P=0,1550; Plaine-Lait: χ^2=8,35; P=0,0797; Outaouais-Lait: (χ^2=3,26; P=0,5159) (Figure 11).

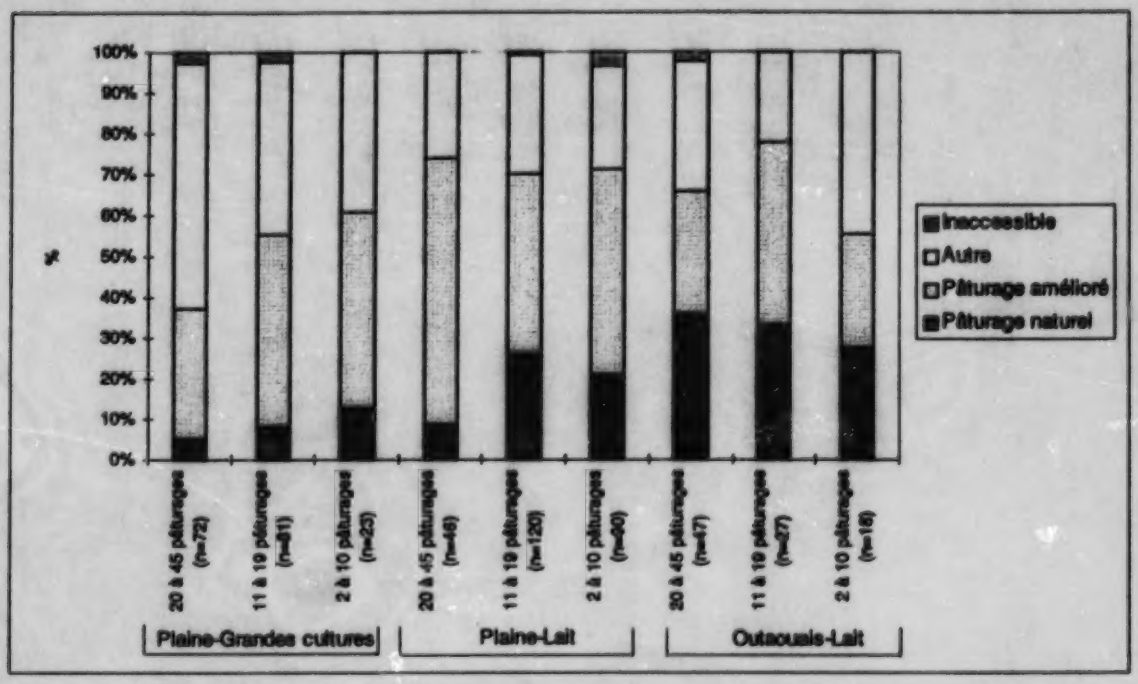


Figure 11. Importance relative des pâturages naturels et améliorés dans les 524 pâturages visités à l'été 2000 selon les grands secteurs agricoles et selon la densité des pâturages dans les parcelles.

5.3 Caractéristiques des pâturages visités

En plus de noter le statut actuel des sites visités, plusieurs autres caractéristiques permettant de décrire les paturâges étaient notées: présence de haies brise-vent (plusieurs, quelques-unes, aucune), présence d'aubépine, présence d'arbustes isolés dans le pâturage (plusieurs, quelques-uns, aucun), hauteur moyenne de la végétation herbacée (> ou < 30 cm), présence d'arbres isolés, de fils électriques, et de fils barbelés. Une grille de pointage a été produite afin d'évaluer la qualité des différents pâturages pour la nidification de la Pie-grièche migratrice en fonction des attributs généralement retrouvés sur les sites de nidification de cette espèce dans nos régions. Ainsi, les points suivants ont été accordés à chacun des descripteurs:

Grille de pointage des pâturages visités

- pâturage naturel: 5 points
- pâturage amélioré: 0 point

- présence de haies:
  - plusieurs: 2 points
  - quelques-unes: 1 point
  - aucune: 0 point

- présence d'arbustes isolés:
  - plusieurs: 2 points
  - quelques-uns: 1 point
  - aucun: 0 point

- présence:
  - d'aubépines: 5 points
  - d'arbres isolés: 1 point
  - de fils électriques: 1 point
  - de fils barbelés: 1 point

- hauteur de la végétation herbacée:
  - < 30 cm: 2 points
  - > 30 cm: 1 point

La somme des points associés aux différents descripteurs d'un pâturage a donc permis d'en évaluer la qualité. Par exemple, un pâturage naturel où des aubépines étaient observées obtient un pointage beaucoup plus élevé qu'un pâturage amélioré dépourvu d'aubépines. De plus, un indice a été calculé afin de tenir compte de la superficie et de la qualité des pâturages en multipliant la somme des points de chacun des pâturages avec sa superficie en pâturage telle qu'estimée visuellement relativement à la superficie calculée sur l'image satellite (Σ points x $CA_{réel}$).

Les pâturages observés dans le secteur de l'Outaouais semblaient plus adéquats pour la nidification de la Pie-grièche migratrice en raison d'un pointage plus élevé leur étant accordé en raison de la présence plus nombreuse de pâturages naturels avec aubépines comparativement aux pâturages de la plaine agricole du Saint-Laurent (test de Kruskal-Wallis: $H=30,32$; $P<0,0001$) (Figure 12). De fait, on a noté la présence d'aubépine à 37% (23/62) des pâturages de l'Outaouais comparativement à 19% (16/86) et 10% (19/182) pour les secteurs des grandes cultures et des exploitations laitières de la plaine du Saint-Laurent.

L'indice calculant la superficie couverte par des pâturages adéquats pour la nidification de la Pie-grièche migratrice (Σ points x $CA_{réel}$) montrait également que le secteur de l'Outaouais affichait une plus grande couverture de pâturages adéquats que les 2 autres secteurs (test de Kruskal-Wallis: $H=23,53$; $P<0,0001$) (Figure 13).

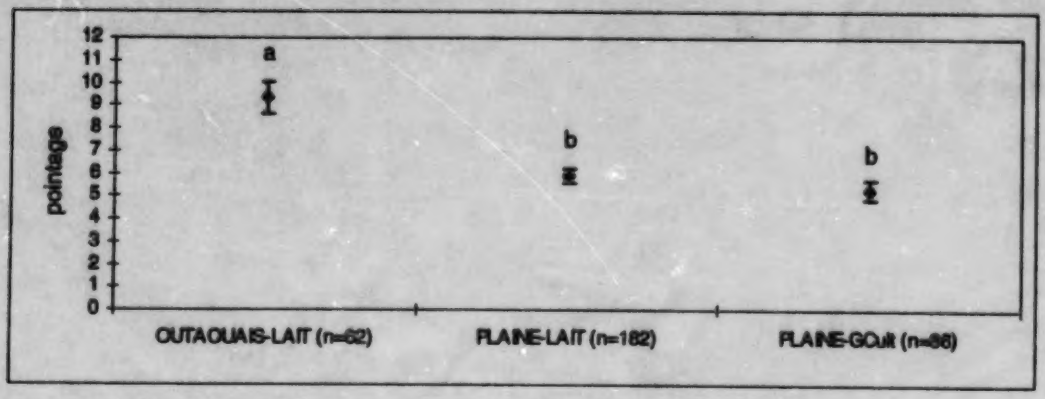


Figure 12. Pointage moyen (± erreur standard) accordé aux pâturages visités dans les 3 grands secteurs agricoles (des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes).

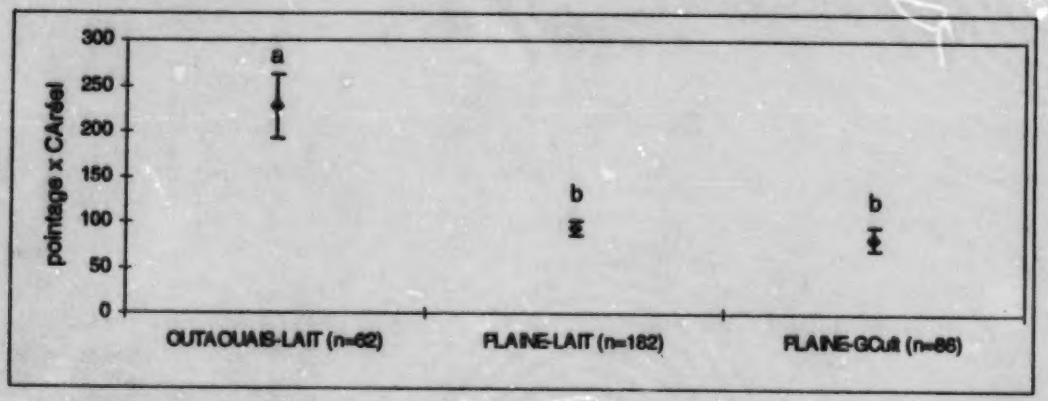


Figure 13. Comparaison de l'indice moyen (± erreur standard) entre les 3 grands secteurs agricoles calculé pour chacun des pâturages en multipliant le pointage accordé à chacun d'eux avec sa superficie réelle en pâturage (des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes).

5.4 Stabilité de l'agriculture et importance des pâturages naturels

Nous avons calculé deux indices qui permettent d'évaluer la stabilité de l'agriculture et l'importance des pâturages naturels pour chacune des parcelles visitées. Nous avons déduit que si les pâturages identifiés d'après le images de 1993-1994 étaient toujours des pâturages lors des visites sur le terrain effectuées en 2000, ceci constituait un bon indice de la stabilité des pâturages. Nous avons donc défini la stabilité des cultures dans les champs comme étant le ratio de la superficie réellement en pâturage tel qu'estimée lors de la visite effectuée à l'été 2000 (PT) sur la superficie totale calculée sur l'image satellite (CA).

Stabilité: $\frac{\text{Superficie réelle en pâturage (PT)}}{\text{Superficie totale visitée (CA)}}$

Le type de culture dans un champ donné variera d'une année à l'autre dans les régions où la rotation des cultures est une pratique agricole répandue ce qui devrait se manifester par un statut différent de celui de pâturage pour un nombre élevé de champs; ces parcelles devraient donc montrer un indice de stabilité faible. À l'opposé, l'indice évaluant la stabilité des cultures devrait être élevé dans les secteurs où l'affectation des types de culture dans les champs est similaire d'une année à l'autre.

Les parcelles des secteurs laitiers de la plaine du Saint-Laurent et de l'Outaouais présentent un indice moyen de stabilité des cultures similaire (0,60) et ces indices sont plus élevés que l'indice moyen des parcelles du secteur des grandes cultures (0,43) (test de Kruskal-Wallis: H=5,58; P=0,06) (Figure 14). La rotation des cultures étant une pratique agricole répandue dans les régions où dominent les grandes cultures, la majorité des sites visités à l'été 2000 n'étaient pas des pâturages résultant en une faible stabilité des cultures dans ce secteur. Il est intéressant de noter que l'indice de stabilité des cultures est beaucoup plus variable dans le secteur des grandes cultures comme le montre les coefficients de variation alors que les parcelles de l'Outaouais présentent des indices relativement similaires (voir Carte 5).

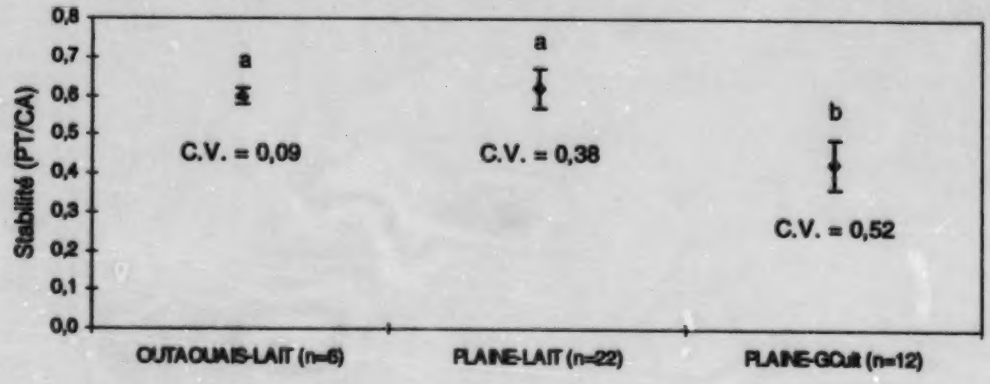
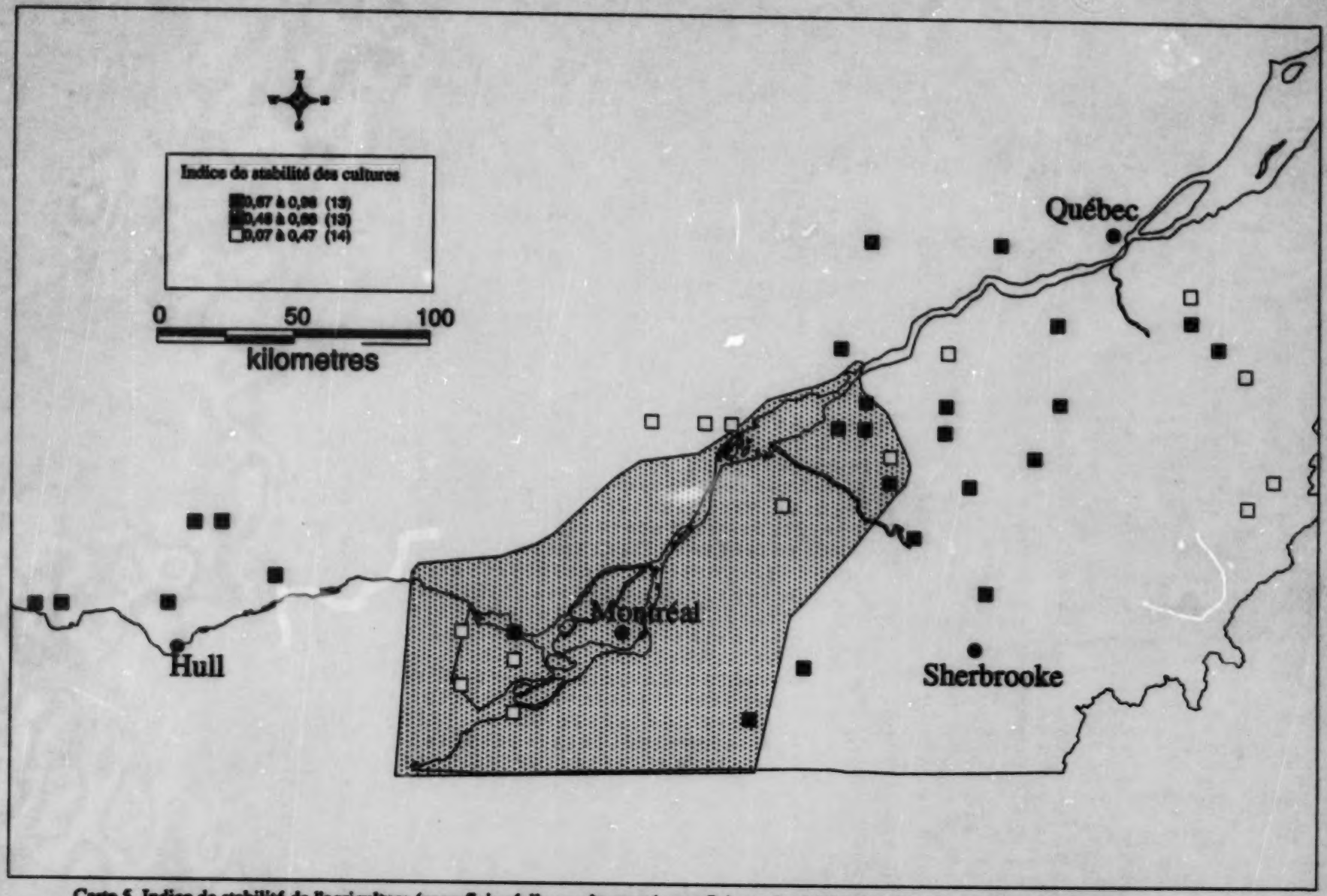


Figure 14. Indice de stabilité moyen (± erreur standard) calculé pour les 3 grands secteurs agricoles (des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes).



Carte 5. Indice de stabilité de l'agriculture (superficie réelle en pâturage / superficie totale visitée) dans les 40 parcelles sélectionnées pour la validation du statut des pâturages. La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.

Quant à l'indice qui permet d'évaluer l'importance des pâturages naturels pour chacune des parcelles visitées, il se définit comme étant le ratio entre la superficie totale des pâturages naturels (PN) sur la superficie totale en pâturages (PT).

$$\text{Pâturages naturels:} \quad \frac{\text{Superficie des pâturages naturels (PN)}}{\text{Superficie totale en pâturage (PT)}}$$

Le secteur de l'Outaouais se démarque encore des autres secteurs avec un indice moyen de 0,61 comparativement à 0,34 et seulement 0,12 pour les secteurs de la plaine du Saint-Laurent dominés respectivement par les productions laitières et les grandes cultures (test de Kruskal-Wallis: H=13,11; P=0,001) (Figure 15). Ainsi, près des 2/3 des pâturages de l'Outaouais sont des pâturages naturels alors que ces derniers couvrent de faibles superficies dans le secteur des grandes cultures. Cet indice est également plus variable dans les parcelles de la plaine du Saint-Laurent comparativement aux parcelles de l'Outaouais (voir Carte 6).

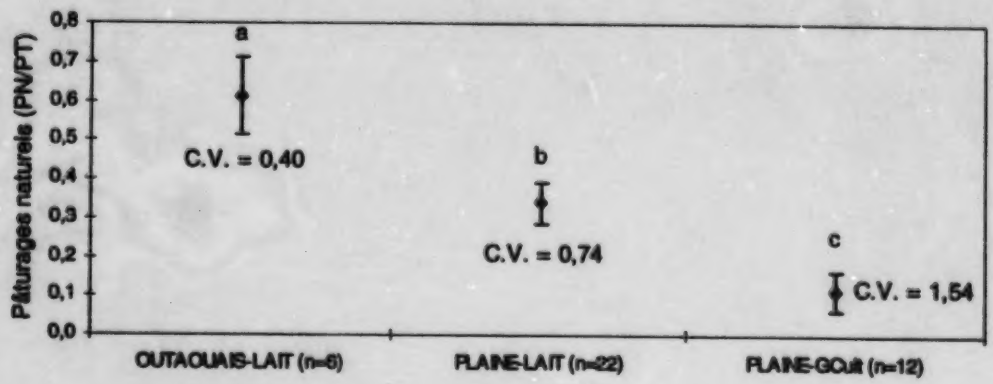
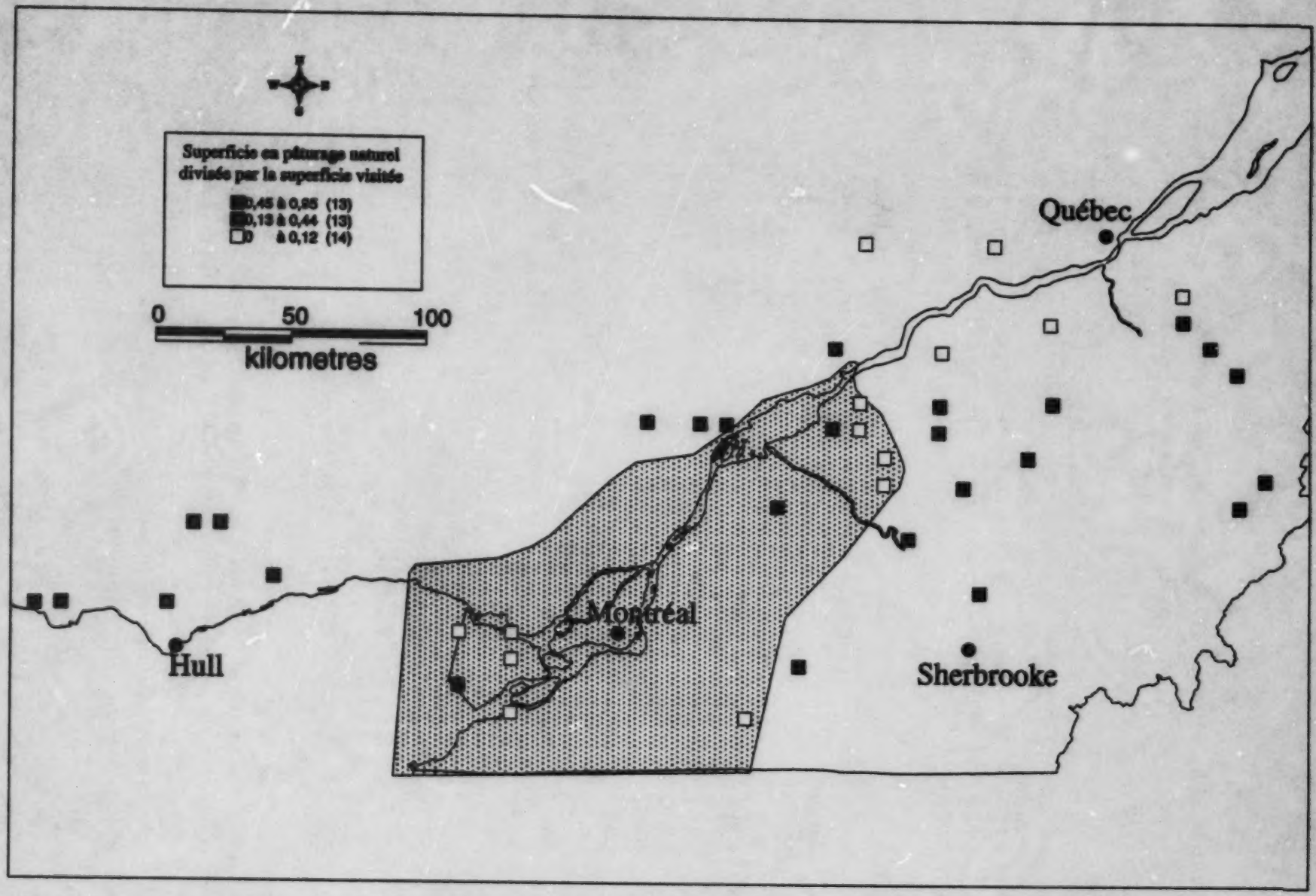


Figure 15. Importance relative des pâturages naturels (moyenne ± erreur standard) calculé pour les 3 grands secteurs agricoles (des lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes).

5.5 Estimation de la superficie des pâturages dans les parcelles sélectionnées

Ayant calculé, pour chacun des 3 grands secteurs agricoles, la moyenne de chacun des 2 indices qui mesurent la stabilité des cultures et l'importance des pâturages naturels dans les parcelles, et sachant la superficie totale des pâturages qui remplissent les critères de sélection des pâturages dans chacune des 310 parcelles qui remplissent les critères de sélection des parcelles, il est alors possible d'extrapoler ces 2 indices à l'ensemble des 310 parcelles et d'estimer la superficie couverte par tous les pâturages et par les pâturages naturels dans chacune de ces parcelles.



Carte 6. Importance relative des pâturages naturels (superficie en pâturage naturel / superficie totale en pâturage) dans les 40 parcelles sélectionnées pour la validation du statut des pâturages. La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.

Nous avons donc estimé la superficie réelle en pâturages dans chacune des parcelles en multipliant l'indice moyen de la stabilité des cultures calculé pour chacun des grands secteurs agricoles avec la superficie couverte par les pâturages dans chacune des parcelles à partir des informations extraites des images satellites. Ainsi, la superficie estimée des pâturages (PAT_{est}) est donc:

PAT_{est} = Superficie totale (CA) * indice de stabilité du secteur

Ce calcul ayant été fait pour chacune des 310 parcelles retenues, on observe que c'est dans les régions de l'Outaouais, de Lachute, des régions montueuses des Bois-Francs, et de la Beauce que sont localisées les parcelles qui offrent les plus grandes superficies de pâturages (Carte 7), la superficie estimée des pâturages qui remplissent les critères de sélection dans les parcelles retenues variant de 2 à 789 hectares.

Par ailleurs, la superficie en pâturages naturels ($PATN_{est}$) dans chacune des parcelles a été estimée en multipliant l'indice moyen mesurant l'importance des pâturages naturels calculé pour chacun des secteurs agricoles avec la superficie estimée des pâturages:

$PATN_{est}$ = PAT_{est} * indice d'importance des pâturages naturels du secteur

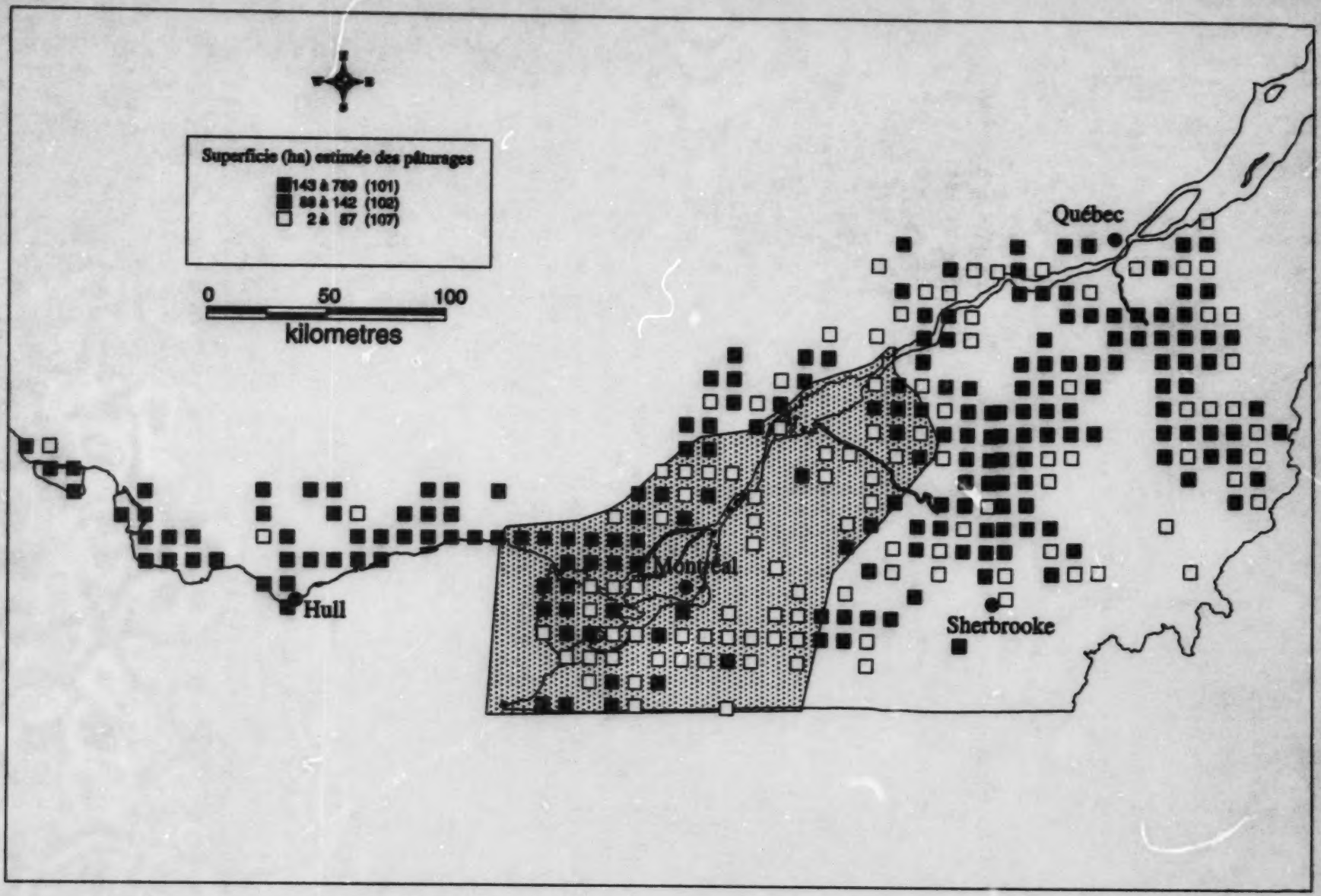
La superficie estimée en pâturages naturels pour chacune des parcelles retenues varie de 0 à 481 hectares et c'est dans le secteur de l'Outaouais que sont concentrées les parcelles qui offrent les plus grandes superficies en pâturages naturels suivi des secteurs montueux des Bois-Francs et de la Beauce (Carte 8). À noter que les superficies estimées dans le secteur des grandes cultures de la plaine du Saint-Laurent sont très faibles.

5.6 Paysage agricole des 3 grands secteurs

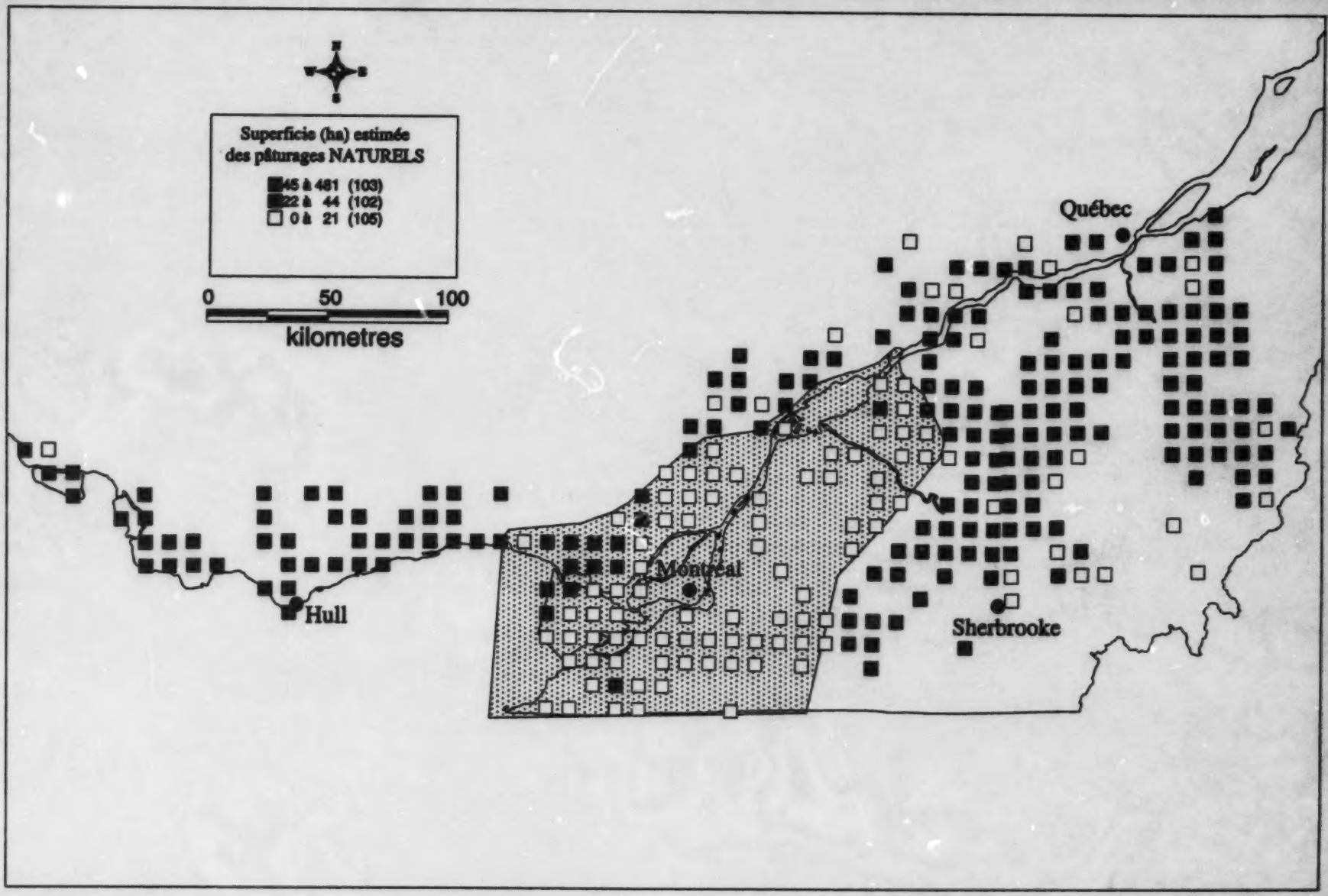
En résumé, basé sur la visite des parcelles sélectionnées, chacun des 3 grands secteurs agricoles peut être sommairement décrit comme suit (voir Carte 9):

5.6.1 Plaine du Saint-Laurent - Grandes cultures (12 parcelles; 176 pâturages visités)

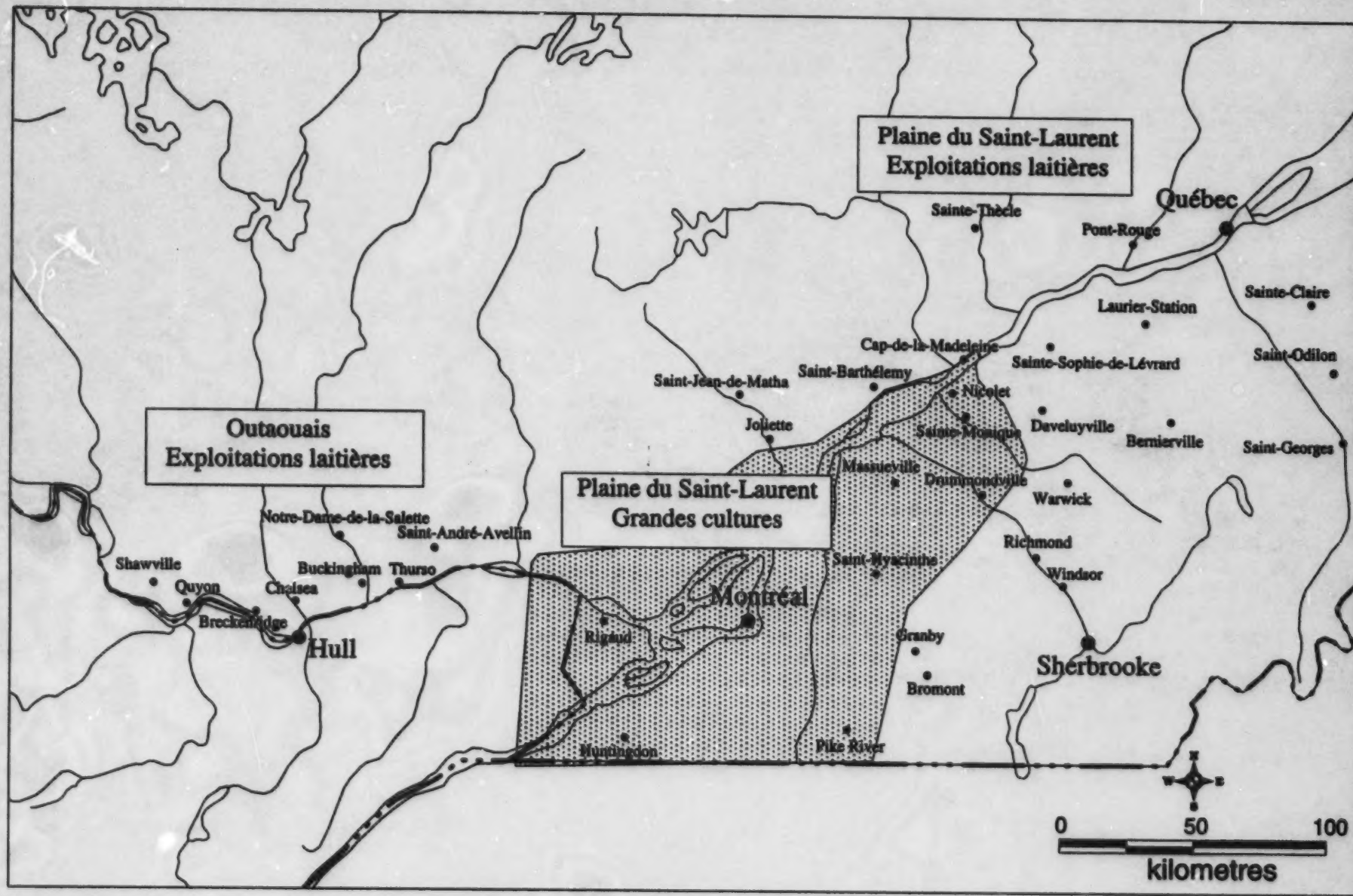
Les régions de Rigaud – Hudson – Saint-Clet – Saint-Télésphore et de Saint-Stanislas-de-Kostka – Huntingdon sont localisées dans une plaine agricole dominée par les grandes cultures. Les champs couvrent de très grandes superficies et les fourrages y sont tout de même bien présents. Les rares pâturages sont en presque totalité des pâturages améliorés. Cette région n'offre donc que peu d'habitats potentiels pour la nidification de la Pie-grièche migratrice. Il en va de même pour la région de Pike River



Carte 7. Superficie estimée des pâturages qui remplissent les critères de sélection dans les 310 parcelles retenues.
La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.



Carte 8. Superficie estimée des pâturages NATURELS qui remplissent les critères de sélection dans les 310 parcelles retenues. La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.



Carte 9. Vue générale des trois grands secteurs agricoles du Québec. La zone en gris indique le secteur des grandes cultures.

– Sainte-Sabine située au nord du Lac Champlain et qui est aussi fortement agricole et dominée par les grandes cultures. Les rares pâturages présents dans cette région sont tous des pâturages améliorés.

Les régions au nord et à l'ouest de Drummondville de même qu'au sud de Nicolet sont toutes fortement dominées par les grandes cultures (maïs, soya). Les fourrages et pâturages y sont toutefois bien présents mais les pâturages naturels sont très peu nombreux. On observe d'ailleurs que plusieurs anciens pâturages sont transformés en grandes cultures (labours, fossés de drainage). Les seuls endroits où subsistent des pâturages naturels, dont plusieurs avec aubépines, sont en bordure des rivières et des ruisseaux d'importance où les pentes sont escarpées. C'est le cas le long des rivières Yamaska (Massueville) et Nicolet (entre les municipalités de Sainte-Monique et Nicolet) mais les superficies sont généralement assez faibles.

5.6.2 Plaine du Saint-Laurent - Exploitations laitières (22 parcelles; 256 pâturages visités)

La région sud de la Beauce située au sud de Saint-Georges (Linière, Saint-Théophile, Saint-Martin) est très montueuse et dominée par l'activité forestière. Les fermes couvrent de faibles superficies, sont dominées par les exploitations laitières avec grands fourrages, et il y a très peu de pâturages naturels. Quelques champs de céréales y sont présents. Certains pâturages identifiés sur les images satellites sont en fait des coupes forestières. La région centre de la Beauce dans le secteur de Saint-Anselme, Sainte-Claire, Sainte-Marie, Frampton et Saint-Odilon offre un paysage agro-forestier où les fourrages, les grandes cultures et les zones forestières forment une mosaïque bien diversifiée. Malgré que la région soit vallonneuse, les grandes cultures couvrent tout de même des superficies importantes et les fourrages et pâturages sont très nombreux. Certains champs fourragers sont immenses. Les pâturages naturels sont peu nombreux et ceux qui offrent un potentiel intéressant pour la nidification de la Pie-grièche migratrice couvrent de faibles superficies. L'aubépine semble absente de cette région ou, du moins, sa distribution est très sporadique.

La région de Portneuf (Pont-Rouge – Saint-Basile, et de Sainte-Thècle – Saint-Adelphe) est très agricole et ce sont les fermes laitières qui dominent. Les pâturages naturels sont très rares, tous les pâturages visités étaient des pâturages améliorés. Par ailleurs, l'agriculture de la région située au nord du Cap-de-la-Madeleine est quand à elle fortement axée vers les grandes cultures mais la superficie inventoriée est faible. La région située à l'est de Joliette (Saint-Norbert – Saint-Cuthbert – Saint-Barthélémy) est fortement agricole et les grandes cultures dominent le paysage. Les champs se distribuent sur deux plateaux séparés par une petite zone accidentée le long d'un axe passant par les municipalités de Saint-Viateur, Saint-Barthélémy et Maskinongé. On trouve donc dans ces vallons présentant un relief impropre à la culture, des pâturages naturels offrant un potentiel intéressant pour la nidification de la Pie-grièche migratrice. Les superficies couvertes par ces pâturages sont toutefois restreintes. La région de Saint-Jean-

de-Matha présente une mosaïque de grandes cultures, de productions laitières et de zones forestières. Les pâturages naturels y sont très peu nombreux.

Plusieurs secteurs de la région des Bois-Francs ont été visitées. La région de Windsor est très vallonneuse et on y retrouve plusieurs pâturages naturels. Plusieurs pâturages sont toutefois convertis en plantation. La région de L'Avenir – Richmond – Saint-Félix-de-Kingsey est aussi accidentée et les forêts couvrent de grandes superficies. On y retrouve beaucoup de pâturages naturels très intéressants avec aubépines dont plusieurs le long des routes 143 et 243 entre L'Avenir et Richmond, de chaque côté de la rivière Saint-François. La région de Warwick est quand à elle fortement agricole où les grandes cultures sont bien présentes. Les pâturages naturels sont peu nombreux mais certains couvrent de grandes superficies, particulièrement dans les régions montagneuses situées à l'est de cette municipalité (nord du Mont Gleason). Par ailleurs, la région de Vianney – Bernierville présente un relief très accidenté où la forêt et les productions laitières dominent le paysage. On y retrouve beaucoup de pâturages naturels à flanc de montagne dont plusieurs offrent un potentiel très intéressant. Les pâturages améliorés y occupent également une grande superficie. Les aubépines sont toutefois présentes de façon sporadique. La région d'Inverness, quoique présentant également un relief accidenté, offre moins de pâturages intéressants que la région de Bernierville. La plupart des pâturages de cette région sont améliorés. La région de Laurier-Station est quant à elle fortement agricole où les grandes cultures et les productions laitières se succèdent. Presque tous les pâturages sont améliorés. Enfin, la région de Defoy – Daveluyville présente une mosaïque de grandes cultures et de fermes laitières. Les pâturages naturels sont peu nombreux et couvrent de faibles superficies. La région de Sainte-Sophie-de-Lévrard est dominée par les grandes cultures et les pâturages naturels et améliorés sont peu nombreux.

Une parcelle a été visitée au sud de Granby. Cette région peut être divisée en 2 parties où les pratiques agricoles sont distinctes: 1) la région ouest est une plaine où les grandes cultures dominent. Les fourrages couvrent de très grandes superficies et le bétail est généralement gardé dans des étables ou confiné à de petits pâturages adjacents aux fermes. Les pâturages naturels y sont rares. 2) la partie situé plus à l'est vers Bromont est plus montueuse et les grandes cultures y sont moins importantes. La forêt domine toutefois le paysage. On y trouve quelques pâturages naturels qui couvrent de grandes superficies et qui offrent un fort potentiel.

5.6.3 Outaouais - Exploitations laitières (6 parcelles; 92 pâturages visités)

Beaucoup de fermes laitières et peu de grandes cultures sont présentes dans la région de Montebello – Saint-André-Avellin – Plaisance – Thurso. Le paysage est fortement agro-forestier. Les champs de foin et les pâturages couvrent de grandes superficies mais les pâturages naturels sont peu nombreux. La région de Poltimore – Lac de l'Argile – Notre-Dame-de-la-Salette, située au nord de Buckingham, est très

montagneuse et les fermes sont relativement peu nombreuses et situées dans le creux des vallées. On y trouve un mélange de fourrages, de pâturages naturels et améliorés et de grandes cultures. Les pâturages naturels sont peu nombreux mais certains situés dans la région du Lac de l'Argile ont un très fort potentiel. La région au nord de Chelsea est très forestière et les quelques fermes existantes offrent une mosaïque de fourrages, de pâturages améliorés et de grandes cultures Il y a toutefois un site très intéressant offrant un très fort potentiel et situé du côté ouest de la rivière Gatineau à la limite du Parc de la Gatineau. Il s'agit d'un très grand pâturage naturel avec présence d'aubépine, mais peu d'arbustes isolés, et traversé par le ruisseau Meech.

La région de Shawville – Norway Bay – Quyon est fortement agricole et dominée par les fermes laitières. Les fourrages et les pâturages améliorés couvrent de très grandes superficies et les grandes cultures, bien que présentes, sont relativement peu importantes. Beaucoup de pâturages sont présents dans des secteurs très forestiers où le bétail est libre de circuler dans une mosaïque de terrains ouverts et fermés. Les pâturages naturels sont assez fréquents quoique dispersés dans la région et de faibles superficies mais l'aubépine y est observée régulièrement. Quelques sites au fort potentiel et couvrant de grandes superficies sont toutefois identifiés dans la région.

6.6 Fragmentation des pâturages

La fragmentation des habitats peut se définir comme étant la division de grands ensembles homogènes d'habitats en parcelles plus petites et isolées les unes des autres (Saunders et al. 1991; Fahrig 1997; McIntyre et Hobbs 1999). Il est généralement admis que le découpage du territoire par l'activité humaine (construction de routes et de lignes de transport d'énergie, coupes forestières, agriculture, etc.) en est l'une des principales causes et cette activité peut entraîner d'importantes conséquences écologiques sur les populations habitant ces secteurs (Wilcox et Murphy 1985; Freemark 1988; Saunders et al. 1991; Askins 1993; Andrén 1994; Freemark et al. 1995; Summerville et Crist 2001). À cet effet, plusieurs auteurs ont d'ailleurs identifié la fragmentation des habitats de nidification comme étant un facteur ayant possiblement contribué au déclin des populations de le Pie-grièche migratrice dans le nord-est de l'Amérique du Nord et dont les effets devraient faire l'objet de recherches plus approfondies (Novak 1989; Chabot 1994; Johns et al. 1994; Robert et Laporte 1995; Cade et Woods 1997; Pruitt 2000).

L'utilisation des images satellites Landsat s'est avérée un bon outil pour étudier la fragmentation des habitats forestiers dans le sud du Québec (Bélanger et Grenier 1998, 2002). Nous avons donc tiré profit des données extraites des images satellites pour calculer un indice de fragmentation, tel que défini par Vogelmann (1995), et qui s'exprime par le logarithme naturel du ratio entre la superficie totale couverte en pâturages et la somme du périmètre de tous les pâturages. Nous avons fait ce calcul pour chacune des

parcelles de 100 km^2. Cet indice a été nommé "indice de continuité" par Bélanger et Grenier (1998); une valeur élevée de cet indice indique que la parcelle montre un niveau de fragmentation des pâturages moindre comparativement à un indice faible qui est associé aux parcelles où les pâturages sont fragmentés:

$$\text{indice de continuité} = \ln \frac{\sum CA}{\sum TE} \qquad \text{calculé pour chaque parcelle de 100 km}^2$$

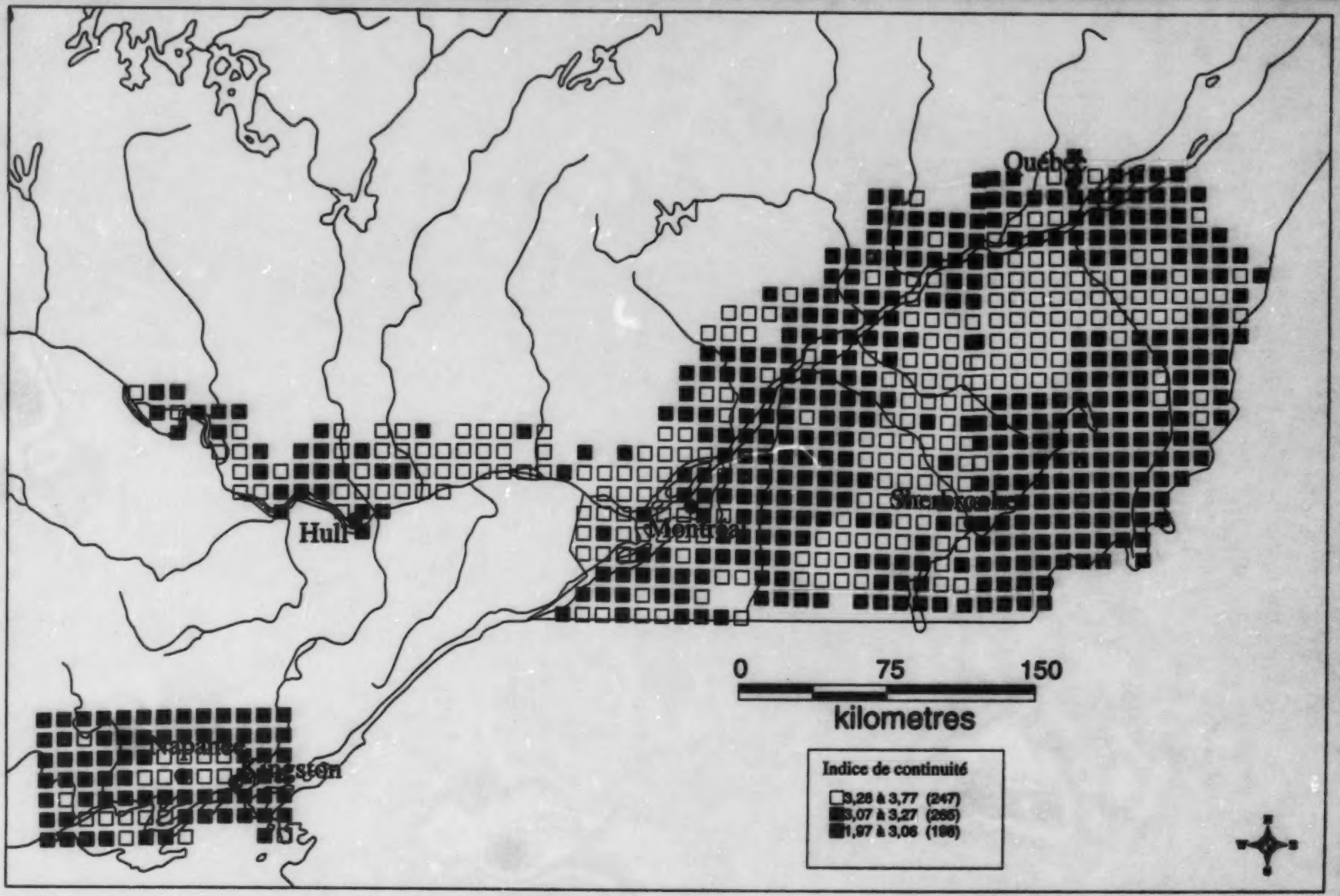
Des comparaisons de l'indice de continuité moyen ont été effectuées entre les parcelles qui remplissent et ne remplissent pas les critères de sélection des parcelles et ce, pour l'ensemble de la zone d'étude de même que pour chacun des grands secteurs agricoles.

6.1 Parcelles du Québec

La carte 10 montre l'indice de continuité calculé pour évaluer le degré de fragmentation des pâturages dans chacune des parcelles de 100 km^2. Les parcelles ayant un indice de continuité faible sont celles ayant un degré de fragmentation des pâturages élevé.

La région qui affiche le plus haut degré de fragmentation des pâturages se situe dans la région des Appalaches près de la frontière canado-américaine. Il s'agit d'un secteur où l'activité agricole est réduite et où la forêt domine le paysage. Peu de parcelles n'ont d'ailleurs été sélectionnées dans cette région. Les secteurs où dominent les grandes cultures (vallée des rivières Richelieu et Yamaska, Portneuf) sont également caractérisés par des parcelles où les pâturages sont fortement fragmentés. Par contre, les parcelles situées dans le contrefort des Appalaches et des Laurentides, soit les secteurs des Bois-Francs (Windsor, Bernierville), de la Beauce (Sainte-Marie), de Lachute et de l'Outaouais, montrent un degré de fragmentation des pâturages plus faible (indice de continuité élevé).

Les parcelles qui remplissent les critères de sélection et qui sont situées dans l'aire historique de nidification de la Pie-grièche migratrice présentent un degré de fragmentation des pâturages moindre que celles qui ne remplissent pas les critères de sélection. Cette différence s'observe également dans chacun des 3 grands secteurs agricoles (Figure 16). L'indice de continuité est d'ailleurs fortement corrélé ($P<0,0001$; $n=622$) avec chacun des 4 critères de sélection des parcelles (TA: $r=0,47$; PD: $r=-0,89$; TCA: $r=0,62$; MPS: $r=0,87$) indiquant ainsi que la sélection des parcelles en fonction de la couverture et de la densité des pâturages est effectivement un reflet du degré de fragmentation des pâturages dans chacune des parcelles.



Carte 10. Indice de continuité (fragmentation) des pâturages (ln (AREA / PERIM)) dans les parcelles de 10 x 10 km localisées dans l'aire historique de nidification de la Pie-grièche migratrice au Québec et dans la région de Napanee, Ontario
(Note: Une faible valeur indique un haut degré de fragmentation des pâturages)

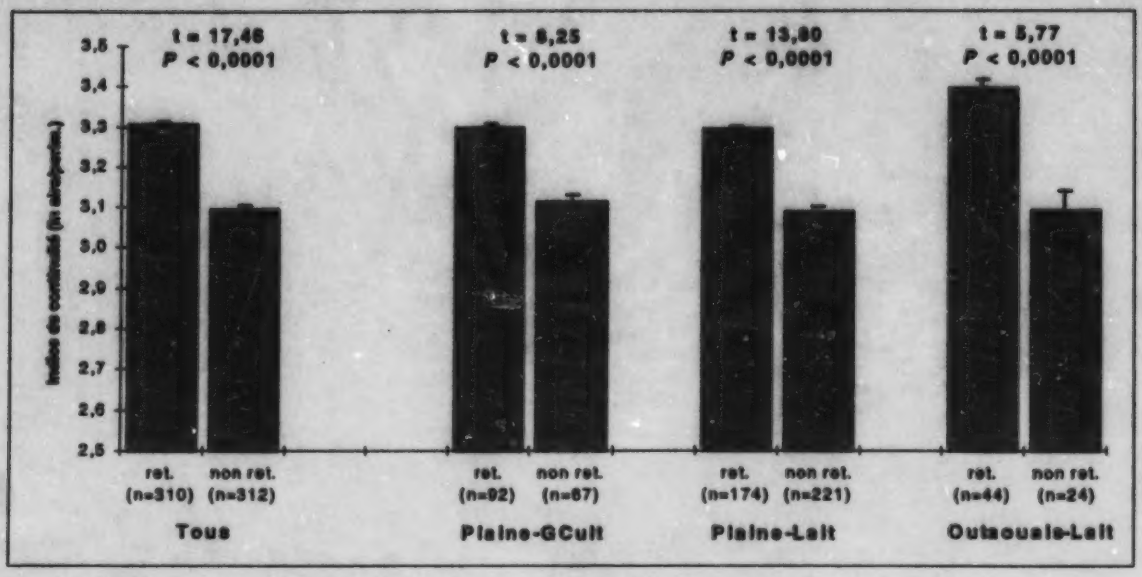


Figure 16: Indice de continuité (moyenne et erreur standard) calculé pour les parcelles retenues et non retenues, globalement et selon les secteurs agricoles du Québec.

6.2 Parcelles de l'Ontario

Quant aux parcelles de la région de Napanee-Kingston, c'est dans la région immédiate de Napanee, là où se concentre la population nicheuse de Pie-grièche migratrice, que sont situées les parcelles qui affichent les plus faibles niveau de fragmentation des pâturages (Carte 10). D'ailleurs, les parcelles qui remplissent les critères de sélection ont un indice moyen de continuité plus élevé que celui des parcelles non sélectionnées (Figure 17). De plus, il est intéressant de constater que les 12 parcelles sélectionnées où des Pies-grièches ont été observées dans des pâturages ont un degré de fragmentation similaire à celui des 7 parcelles sélectionnées mais où aucune Pie-grièche n'a été observée dans des pâturages (Figure 17). Les variables décrivant la composition et l'arrangement des pâturages des parcelles ne montraient d'ailleurs pas de différences entre ces 2 derniers groupes de parcelles (voir section 3.2). Enfin, tout comme les parcelles du Québec, l'indice de continuité est fortement corrélé ($P<0,0001$; $n=88$) avec chacun des 4 critères de sélection des parcelles (TA: $r=0,75$; PD: $r=-0,82$; TCA: $r=0,73$; MPS: $r=0,91$).

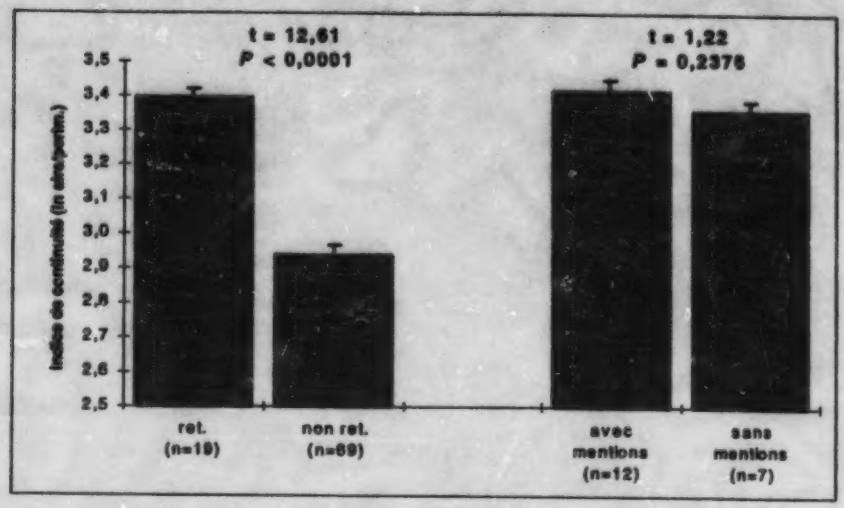


Figure 17: Indice de continuité (moyenne et erreur standard) calculé pour les parcelles retenues et non retenues, et pour les parcelles retenues avec et sans mention de Pie-grièche migratrice dans des pâturages en Ontario.

7.0 Discussion

7.1 Justesse des images satellites

L'utilisation d'images satellites pour identifier les régions où se concentrent les habitats préférentiels de nidification de la Pie-grièche migratrice au Québec s'est avérée un outil très approprié pour dégager l'information sur la couverture spatiale des habitats à petite échelle, i.e. sur de grandes superficies. En effet, il aurait été très difficile et beaucoup plus long et coûteux d'obtenir ces informations au moyen des outils traditionnels tels les cartes imprimées ou les photographies aériennes à l'échelle 1:15000 ou 1:10000, ces outils étant plus précis et mieux adaptés pour des travaux qui s'effectuent à l'échelle locale ou régionale. Quant à la qualité et la justesse des données provenant des images satellites, l'analyse des matrices de confusion découlant de la classification des images couvrant le Québec et l'Ontario montre que la précision globale de la classification est très élevée (96,2% en Ontario, 86% en moyenne pour les images du Québec). D'ailleurs, la validation de la classification de l'image de l'Ontario au moyen de points de contrôle visités sur le terrain a montré que le statut des habitats identifiés sur les images satellites était généralement juste (79%, voir Annexe 1), et que tous les points de contrôle visant des pâturages étaient effectivement localisés dans ce type d'habitat.

Le choix de cet outil ne se fait par ailleurs pas sans inconvénient puisque la précision des images est de l'ordre de 1:80 000 (pixel de 30 m) ce qui ne permet pas de détecter les structures fines qui composent l'habitat préférentiel de nidification de la Pie-grièche migratrice telles la présence de haies et de buissons

d'aubépine de même que la hauteur de la végétation herbacée. C'est pourquoi il est important d'interpréter les résultats d'une telle analyse comme étant l'identification de sites potentiellement intéressants pour la nidification de la Pie-grièche migratrice et qu'une validation des informations par une visite sur le terrain de ces sites est nécessaire afin d'évaluer la qualité des informations dégagées par l'analyse. À cet effet, nos résultats montrent que de nombreux sites qui avaient été identifiés comme étant des pâturages sur les images satellites avaient un statut différent lors de leur visite à l'été 2000. La rotation des cultures expliquerait en grande partie ces résultats. En effet, parce que la rotation des cultures permet de régénérer les sols et est un moyen efficace pour contrer l'installation de mauvaises herbes, de parasites et de bactéries (Agriculture Canada et Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario 1991; Doucet 1994), cette pratique agricole fait partie intégrante de la gestion des exploitations agricoles et plus particulièrement chez les producteurs céréaliers. La présence de fourrages est d'ailleurs fortement recommandée aux producteurs de céréales dans leur rotation des cultures car l'utilisation seule d'herbicides ne permettrait pas de contrer efficacement à long terme l'établissement des mauvaises herbes.

Dans la région des grandes cultures où la majorité des pâturages sont améliorés et qui sont généralement des fourrages faisant office de pâturages, il n'est donc pas surprenant de constater que les différences observées dans le statut des terres y soient plus importantes que dans les régions périphériques où les terres agricoles associées aux exploitations laitières sont généralement plus stables en raison de la présence quasi continue de fourrages et de pâturages. De fait, les sites dont le statut observé à l'été 2000 était autre qu'un pâturage dans le secteur des grandes cultures étaient en majorité des grandes cultures avec labour alors que ces sites étaient majoritairement des fourrages dans les secteurs où dominent les exploitations laitières. De plus, c'est dans ces derniers secteurs que se retrouvent la plupart des pâturages naturels dont le statut est généralement constant au cours des ans. Nous croyons donc que le nombre de sites ayant un statut différent de celui identifié sur les images satellites aurait été beaucoup moins élevé si la visite des sites avait été effectuée peu de temps après la prise des images satellites.

Un autre facteur qui expliquerait les différences observées dans l'affectation des sites identifiés comme des pâturages sur les images satellites est que ces sites auraient fait l'objet de transformations importantes qui en auraient modifiées inexorablement le statut. Par exemple, l'urbanisation grandissante ou l'abandon de certaines terres aurait entraîné un changement marqué dans le statut de ces sites où les pâturages d'origine auraient fait place à des zones anthropisées ou à la succession végétale d'où la présence de nombreuses friches aux sites visités. Par ailleurs, certains types d'habitat se confondent avec les pâturages dû principalement à une structure physique comparable entraînant ainsi une identification erronée de quelques sites visités. Ce serait le cas de coupes forestières récentes et de terrains de golf observés à quelques sites définis comme étant des pâturages.

7.2 Critères de sélection et fragmentation des pâturages

Parce que les modèles construits en fonction des conditions locales des sites de reproduction sont généralement inadéquats pour expliquer la distribution des espèces vertébrées, il devient alors impératif de déterminer l'échelle du paysage appropriée en se basant sur l'écologie de l'espèce étudiée (Mazerolle et Villard 1999). À cet effet, l'étude des mouvements de dispersion des individus peut être grandement utile. Ainsi, chez la Pie-grièche migratrice, plusieurs études ont montré que peu d'adultes reproducteurs bagués au site de reproduction reviennent nicher au même site au cours des années subséquentes mais qu'ils sont généralement recapturés à plusieurs kilomètres du lieu de baguage (Robert et Laporte 1995; Yosef 1996; Collister et De Smet 1997). De plus, une analyse spatiale des habitats utilisés pour la reproduction dans la région de Napanee, en Ontario, où sont concentrées la majorité des Pies-grièches migratrices nicheuses de cette province, indique que les oiseaux préfèrent nicher dans des parcelles d'habitats couvrant généralement plus de 20 ha et situés à l'intérieur de zones de 100 km^2 comportant beaucoup d'autres habitats propices (M. Cadman comm. pers. dans Robert et Laporte 1995). La distribution des oiseaux dans cette région semble donc être dirigée, entre autres, par des facteurs qui s'expriment à l'échelle régionale.

Nous avons donc choisi de découper le territoire en parcelles de 100 km^2 pour identifier des critères de sélection de l'habitat à l'échelle du paysage. La création d'une grille arbitraire de parcelles pour analyser la structure spatiale de données provenant d'images satellites est une pratique largement répandue comme le montre les nombreux articles publiés dans des périodiques spécialisés, telle la revue "Landscape Ecology". L'un des avantages de l'utilisation d'une telle grille est de contourner les considérations associées aux relations entre la surface couverte et l'importance des habitats puisque l'unité d'analyse spatiale est constante partout sur le territoire permettant ainsi une présentation et une analyse des données spatiales indépendamment de la superficie du territoire étudié (White et al. 1999). Par ailleurs, le découpage du territoire en parcelles de 100 km^2 comporte une composante arbitraire puisque le territoire aurait pu être étudié à d'autres échelles spatiales (1 km^2, MRCs, régions administratives, etc.). Toutefois, nous avons jugé que cette superficie était adéquate compte tenu que le découpage du territoire en parcelles plus petites aurait créé un nombre très élevé de parcelles (ex. >80000 parcelles de 1 km^2; >3000 parcelles de 25 km^2) et que celles-ci auraient été trop petites pour englober de nombreux pâturages de grande superficie. À l'opposé, le choix de parcelles plus grandes aurait découpé le territoire en un nombre insuffisant de parcelles (ex. ~200 parcelles de 400 km^2, ~32 parcelles de 2500 km^2) pour orienter l'identification de région d'intérêt.

Il est généralement admis que la superficie couverte par les pâturages dans le paysage immédiat entourant le site de nidification serait un facteur important dans la sélection des sites de nidification chez la Pie-grièche migratrice (Novak 1989; Gawlick et Bildstein 1990; Smith et Kruse 1992; Chabot 1994) et que,

bien que la taille des pâturages utilisés pour la nidification soit généralement supérieure à 5 ha, il est proposé que la Pie-grièche migratrice nécessite environ 50 ha d'habitats potentiellement intéressants autour des sites de nidification (rayon de 400 m) pour combler les besoins d'un couple durant la période de reproduction (Brooks et Temple 1990b; Chabot et Cuddy 1994; Chabot et al. 2001). Les quatre variables retenues comme critères de sélection des parcelles visaient donc à maximiser la surface couverte par les pâturages dans les parcelles (TA ≥ 325 ha, TCA ≥ 65 ha, MPS ≥ 1,20 ha), tout en minimisant le nombre de pâturages requis (PD ≤ 85/100 ha) pour obtenir la couverture demandée. On retrouve ici l'essence même du concept de la fragmentation des habitats défini comme étant la division de grands ensembles homogènes d'habitats en parcelles plus petites et isolées les unes des autres (Fahrig 1997; McIntyre et Hobbs 1999). Les valeurs seuils associées à nos critères de sélection à l'échelle du paysage suggèrent que les Pies-grièches migratrices favoriseraient des secteurs où les niveaux de fragmentation des pâturages seraient les plus faibles. Ceci a d'ailleurs été clairement démontré par la comparaison des indices moyens de continuité calculés pour les parcelles qui remplissent ou non les critères de sélection et ce, tant en Ontario qu'au Québec, indiquant que les parcelles sélectionnées ont un niveau de fragmentation des pâturages plus faible que celui des parcelles qui ne remplissent pas les critères de sélection.

Les critères de sélection des pâturages étaient par ailleurs établis de façon à composer à la fois avec la taille et la forme de pâturages pouvant potentiellement abriter des Pies-grièches migratrices. La taille minimale des pâturages où cette espèce a niché dans le secteur de Napanee en Ontario, tel que défini par l'image satellite, était de 4,6 ha (le maximum étant par ailleurs de 227 ha). Nous avons donc utilisé la valeur de 5 ha comme critère de sélection des pâturages qui seraient adéquats pour la nidification de la Pie-grièche migratrice, cette valeur étant représentative de la superficie de l'habitat de nidification généralement utilisé par cette espèce dans nos régions (Novak 1989, Robert et Laporte 1995) de même qu'ailleurs en Amérique du Nord (voir Yosef 1996). Quant à la forme des pâturages potentiellement favorables à la nidification de la Pie-grièche migratrice, la sélection de sites où le ratio périmètre/surface est minimisé (MPAR ≤ 250 m/ha) indique que les pâturages étroits et allongés seraient peu utilisés par les Pies-grièches migratrices, même si ces derniers couvrent de grandes superficies. D'ailleurs, Helzer et Jelinski (1999) ont montré que cette variable (MPAR) permettait de mieux prédire la présence d'espèces d'oiseaux associées aux prairies, de même que la richesse totale de ces espèces, que la superficie des parcelles d'habitat étudiées. La Pie-grièche migratrice n'était toutefois pas considérée dans cette dernière étude. À notre connaissance, notre étude serait donc la première à considérer l'effet que peu avoir la forme des pâturages sur la sélection de l'habitat de nidification chez cette espèce et montre que ces deux variables (ratio périmètre/surface et superficie du pâturage) joueraient un rôle dans la sélection de l'habitat de nidification chez la Pie-grièche migratrice.

Ainsi, en conjuguant ces informations montrant 1) la préférence à nicher dans un pâturage couvrant un minimum de 5 ha (critère de sélection des pâturages), 2) situé à l'intérieur de secteurs où les habitats adéquats couvrent de grandes superficies (50 ha), et 3) localisé dans un paysage agricole où les pâturages sont peu fragmentés, il semble donc que la fragmentation des habitats de nidification de la Pie-grièche migratrice pourrait être un facteur pouvant contribuer au déclin de cette espèce. Plusieurs études effectuées principalement dans les états du midwest américain ont démontré que la fragmentation des habitats de nidification de plusieurs espèces de passereaux associées aux prairies herbeuses limiterait la sélection et l'utilisation de leur habitat préférentiel en période de reproduction (Askins 1993; Herkert 1994; Vickery et al. 1994; Freemark et al. 1995; Knick et Rotenberry 1995; Herkert et al. 1996; Winter et Faaborg 1999; Johnson et Igl 2001). Étant donné que les parcelles qui remplissent les critères de sélection à l'échelle régionale montrent un degré de fragmentation des pâturages moindre, nous croyons que la fragmentation des pâturages pourrait avoir un effet sur la distribution actuelle de la Pie-grièche migratrice dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Toutefois, d'autres facteurs sont sûrement en cause étant donné que certaines parcelles de l'Ontario situées au sud de Napanee offriraient une distribution adéquate des pâturages sans qu'aucune Pie-grièche migratrice n'y ait été observée.

7.3 Régions d'intérêt pour la nidification de la Pie-grièche migratrice

Étant donné que la Pie-grièche migratrice niche préférentiellement dans des pâturages naturels caractérisés par la présence d'arbustes isolés, d'un sol pauvre impropre aux grandes cultures et où la machinerie agricole peut difficilement être utilisée, il est peu surprenant de constater la faible couverture spatiale que ce type d'habitat occupe dans les régions où dominent les grandes cultures en raison de la qualité des sols très propices à l'agriculture. En fait, c'est principalement le long des rives escarpées des rivières et ruisseaux d'importance découpant la mosaïque de champs cultivés, là où l'utilisation de la machinerie agricole est restreinte, que subsistent toujours des pâturages naturels. D'autres pâturages naturels sont encore présents dans les régions de grandes cultures mais ils sont relativement isolés les uns des autres et couvrent généralement de faibles superficies. On y trouve donc principalement des pâturages améliorés qui font généralement partie d'une rotation des cultures ce qui fait que l'affectation des cultures aux différents champs variera selon les années; un même champ pouvant donc être en maïs, céréales, soya, fourrage, pâturage ou autre selon les années. C'est le cas de toutes les régions de la plaine agricole du Saint-Laurent (secteurs ouest et centre des Bois-Francs, Richelieu, Lanaudière, Portneuf, secteur centre de la Beauce, Montérégie) où l'agriculture est dominée par les grandes cultures (maïs, soya, céréales). De plus, la transformation du paysage agricole se poursuit toujours dans ces secteurs où la conversion des pâturages et fourrages résiduels en cultures avec labours, particulièrement en maïs-grain, se poursuit (Statistique Canada 1997a), tel qu'observé à plusieurs endroits lors de la visite des sites à l'été 2000. L'apparition récente de nouveaux cultivars de maïs permettant la culture de cette céréale dans des régions aux conditions climatiques autrefois peu propices à sa culture accentue d'autant la transformation

du paysage agro-forestier en régions de plus en plus dominées par les grandes cultures. Les secteurs présentant un potentiel intéressant pouvant supporter une population de Pies-grièches migratrices sont donc, à toutes fins pratiques, inexistants dans ces régions d'agriculture intensive.

C'est dans les régions montueuses au relief plus accidenté des régions périphériques de la plaine agricole du Saint-Laurent, soit le contrefort des Appalaches (secteurs sud et est des Bois-Francs, secteur centre de la Beauce, sud de la Montérégie) et des Laurentides (Lanaudière, Outaouais), que sont concentrés les pâturages naturels qui persistent dans le paysage agricole du sud du Québec. C'est d'ailleurs dans ces régions que les parcelles et les pâturages qui remplissent les critères de sélection sont concentrés. De plus, la visite des sites sélectionnés à l'été 2000 a permis d'identifier les régions de l'Outaouais et des secteurs des Bois-Francs (Estrie) comme étant les régions où les pâturages naturels et améliorés couvraient les plus grandes superficies et c'est aussi dans ces régions que les superficies estimées de la couverture en pâturages étaient également les plus élevées. Ces résultats sont d'ailleurs corroborés par l'analyse des fiches d'enregistrement des exploitations agricoles du MAPAQ pour l'année 1997 qui indique que c'est dans les régions administratives de l'Outaouais et de l'Estrie que les pâturages couvrent les plus grandes superficies des terres cultivées soit près de 40% et 35% respectivement; la moitié étant des pâturages naturels (Figure 18).

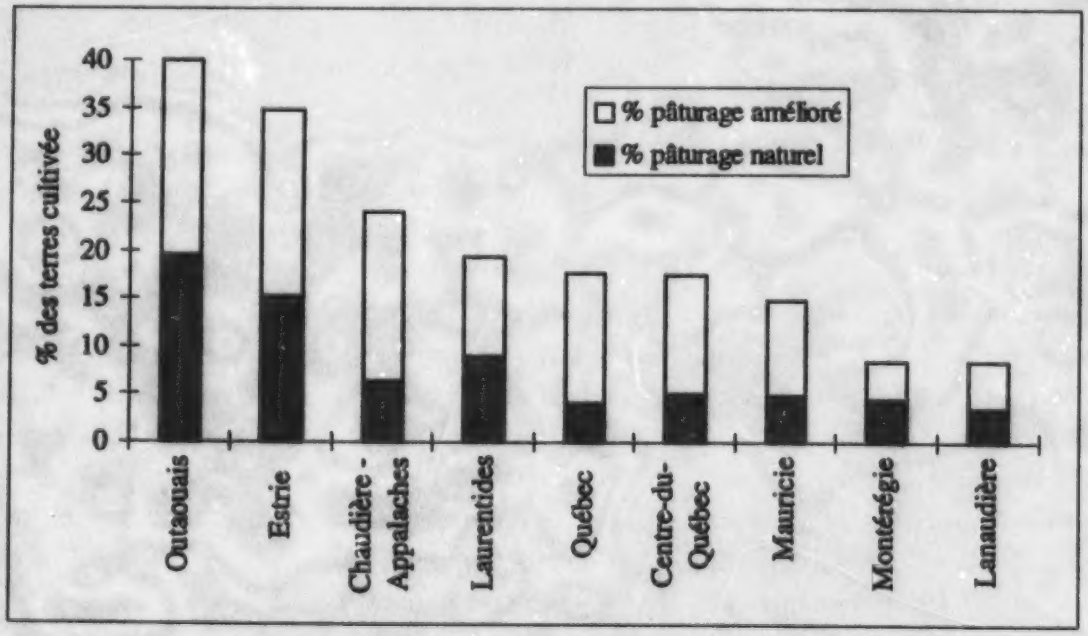


Figure 18. Pourcentage de couverture des pâturages naturels et améliorés relativement à la couverture des terres cultivées (céréales, fourrages, pâturages, légumes) par région administrative en 1997. (Source: Fiches d'enregistrement des exploitations agricoles, 1997; Direction de l'analyse et de l'information économiques, MAPAQ, février 1999)

De plus, c'est également dans la région de l'Outaouais que les pâturages semblaient les plus adéquats pour la nidification de la Pie-grièche migratrice en raison de la présence marquée de structures recherchées par cette espèce (pâturages naturels, aubépines, haies, etc.) et c'est aussi dans cette région que les champs cultivés présentaient la plus grande stabilité, i.e., que la rotation des cultures semblait moins importante. La structure végétale associée aux pâturages naturels, soit la présence d'une strate herbacée basse parsemée d'arbres et d'arbustes isolés non fauchés, persiste donc dans le paysage en raison du pacage continu de ces champs où la machinerie agricole n'est pas utilisée. Aussi, les indices qui permettent d'évaluer la stabilité de l'agriculture et l'importance des pâturages naturels dans les parcelles visitées étaient beaucoup moins variables dans les parcelles de l'Outaouais que dans celles des exploitations laitières de la plaine du Saint-Laurent suggérant ainsi que l'agriculture pratiquée dans la région de l'Outaouais serait plus stable et que le paysage agricole y serait plus uniforme qu'ailleurs dans le sud du Québec.

Il est très important de noter que cette analyse visant à identifier les secteurs d'intérêt pour la nidification de la Pie-grièche migratrice dans le sud du Québec repose uniquement sur les observations effectuées dans les régions et sites visités et que cette analyse est orientée vers les habitats préférentiels de nidification que sont les pâturages. Il est toutefois peu probable qu'une couverture importante de pâturages naturels puisse se retrouver dans certaines régions non visitées où les grandes cultures dominent le paysage, comme par exemple le bassin versant de la rivière Richelieu et le sud de la région de Montréal, puisque ces régions sont reconnues pour être au coeur de la zone d'agriculture intensive dans la plaine agricole du Saint-Laurent où domine la culture du maïs-grain (Bélanger et al. 1999; MAPAQ, données inédites). À cet effet, mentionnons que le dernier site de nidification connu au Québec, soit le site de Le Gardeur, a subi d'importantes transformations au cours des dernières années où les champs agricoles situés en périphérie sont maintenant affectés à la culture du maïs. D'autres régions ou sites non visités pourraient par ailleurs offrir un fort potentiel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice comme certains secteurs des régions des Bois-Francs et de l'Amiante (Asbestos, Disraeli, Thetford Mines) et de Chaudière-Appalaches - Lotbinière (Sainte-Croix, Saint-Sylvestre, Saint-Victor) en raison de la similitude de leur paysage avec des secteurs adjacents où des pâturages naturels ont été observés en grand nombre. D'ailleurs, le secteur situé près des municipalités de Grondines, Saint-Casimir et Saint-Marc-des-Carrières et connu pour avoir hébergé des couples de Pie-grièche migratrice au Québec au début des années '90 présente encore aujourd'hui un potentiel intéressant pour la nidification de la Pie-grièche migratrice en raison de la grande superficie couverte par des pâturages naturels et améliorés et de la forte présence d'aubépines. Toutefois, on remarque que les pâturages améliorés et les fourrages, de même que les jeunes friches, prennent de l'importance dans ce secteur au détriment des pâturages naturels diminuant d'autant le potentiel de ce secteur.

7.4 L'Outaouais comme région d'intérêt

L'ensemble de nos résultats indique donc que c'est dans la région de l'Outaouais, suivi des régions où dominent les exploitations laitières de la région montueuse des Bois-Francs, que sont concentrés les habitats les plus propices à la nidification de la Pie-grièche migratrice dans le sud du Québec. Et c'est particulièrement dans la région du Pontiac située dans la partie ouest de l'Outaouais que se retrouvent les habitats propices à la Pie-grièche migratrice. Le Pontiac se démarque d'ailleurs des autres régions du Québec par la dominance de l'élevage de bovins de boucherie relativement au cheptel laitier (MAPAQ, données inédites) et ce, malgré le fait que les terres y soient très propices à la culture céréalière (classes de potentiel agricole de 2 à 4; Environnement Canada 1972; voir aussi le site internet du Ministère des Ressources Naturelles du Canada: http://geogratis.cgdi.gc.ca). D'ailleurs, des discussions avec des producteurs locaux et des agronomes du MAPAQ de la région de l'Outaouais ont confirmé que la présence sporadique de cultures céréalières et des productions laitières n'était pas causée par une faible fertilité des sols mais plutôt par une tendance générale des producteurs à éviter ces types d'exploitations agricoles en raison de l'investissement et de l'effort accru de travail qu'ils exigent. L'importance de l'élevage bovin dans cette région isolée de la plaine agricole du Saint-Laurent pourrait également être associée à un héritage social et culturel puisque la majorité des producteurs agricoles habitant ce territoire sont d'origine anglophone et qu'à cet effet, le développement agricole de cette région aurait suivi celui observé du côté ontarien de la rivière des Outaouais plutôt que celui des autres régions agricoles du sud du Québec. De fait, l'activité agricole dans le comté de Renfrew situé de l'autre côté de la rivière des Outaouais est très orientée vers l'élevage bovin (Statistique Canada 1997c) où on retrouve beaucoup d'habitats potentiellement intéressants pour la nidification de la Pie-grièche migratrice (A. Chabot, comm. pers.), et tel qu'observé par la forte concentration de pâturages dans les parcelles couvrant cette région (carte 2). Le comté de Renfrew est l'un des seuls où des Pies-grièches migratrices ont nichés en Ontario au cours des dernières années, un couple ayant d'ailleurs niché à l'été 2000 près de Cobden (A. Chabot, comm. pers.) soit à moins de 20 km de la région du Pontiac. Le fait que cette région soit géographiquement très rapprochée de celle où résident les populations résiduelles de Pies-grièches migratrices en Ontario et que les pâturages y dominent encore le paysage agricole en fait donc une région à haut potentiel pour la nidification de cette espèce. Un inventaire systématique des habitats agricoles de la région de l'Outaouais permettrait de préciser la distribution et l'importance des habitats de nidification toujours présents dans cette région.

Il faut mentionner que la région de l'Outaouais et plus particulièrement la région du Pontiac semble avoir été relativement épargnée par les modifications des pratiques agricoles telles qu'observées dans la Plaine du Saint-Laurent au cours des 30 dernières années où l'importance des monocultures s'est accrue au détriment des mosaïques diversifiées de champs cultivées simplifiant ainsi la mosaïque des habitats disponibles à l'avifaune (Jobin et al. 1996). En effet, l'élevage bovin est encore omniprésent dans cette

région mais il est à prévoir que le paysage rural de l'Outaouais est appelé à suivre la même tendance qu'ailleurs dans la plaine agricole du Saint-Laurent et à subir des transformations dans les années à venir. D'ailleurs, le climat clément de cette région et la présence de sols propices à l'agriculture sont des facteurs qui devraient orienter les producteurs agricoles vers la cultures de céréales au cours des prochaines années. À cet effet, de nombreux sites autrefois en pâturages ont été labourés au cours de l'automne 2000 en prévision de la production de céréales pour la saison 2001 (B. Jobin données inédites).

De plus, de nombreux secteurs sont sujets à disparaître en raison de l'étalement urbain principalement en périphérie des zones urbaines des villes de Hull, Gatineau et Aylmer où la présence de nombreuses friches traduit l'abandon des terres en vue d'éventuels développements immobiliers. Le secteur de Breckenridge situé à l'ouest de la municipalité de Hull (Aylmer) est particulièrement sensible puisque les quartiers résidentiels commencent à apparaître dans ce secteur où persistent toujours de très grands pâturages naturels, certains étant considérés comme étant les plus propices à la nidification de la Pie-grièche migratrice dans toute la région de l'Outaouais. Enfin, il est à prévoir que plusieurs terres marginales affectées à l'élevage bovin seront abandonnées si la relève agricole est déficiente ce qui aura pour effet de transformer plusieurs des pâturages actuels en friche et en forêts décidues. Les habitats agricoles de la région de l'Outaouais, bien que montrant un fort potentiel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice, semblent donc aussi très vulnérables face aux changements pouvant affecter l'occupation des terres dans un avenir rapproché et devraient mériter une attention particulière pour éviter que les grands pâturages naturels ne disparaissent ce qui pourrait grandement limiter le potentiel de retour de la Pie-grièche migratrice dans cette région.

7.5 Comparaison entre les secteurs d'intérêt du Québec et de l'Ontario

Les habitats utilisés pour la nidification dans le secteur de Napanee sont généralement de grands pâturages naturels dans une région où les aubépines sont pratiquement disparues et les oiseaux utilisent les cèdres rouges (*Juniperus virginiana*) qui parsèment les pâturages pour construire leur nids. Au Québec, par contre, les mentions historiques indiquent que les nids étaient généralement trouvés dans des aubépines à l'intérieur de haies séparant des champs agricoles, habituellement des pâturages (Chabot 1994; Robert et Laporte 1995; Chabot et al. 2001). Bien que cette différence puisse être importante dans la sélection de l'habitat par les individus nicheurs, les différences structurales qui existent entre les types de pâturages ne sont pas discernables sur les images satellites en raison de la résolution du pixel (30 m). Notre analyse visait donc à identifier des critères de sélection déterminés à partir d'indices paysagers pour identifier et localiser des régions offrant un paysage agricole propice à la présence de Pies-grièches migratrices et où se concentrent les pâturages présentant une structure similaire à celle des pâturages utilisés pour la nidification en Ontario.

Bien que la superficie des pâturages ait grandement été réduite dans le sud du Québec depuis 50 ans (Laporte et Robert 1995; Statistique Canada 1997a), nos résultats indiquent que les pâturages naturels couvrent encore de très grandes superficies dans certaines régions dont plus particulièrement dans la région de l'Outaouais. À cet effet, nous avons comparé la distribution des pâturages dans les parcelles qui remplissent les critères de sélection à l'échelle régionale entre les 19 parcelles de l'Ontario et les 310 parcelles du Québec, réparties dans les 3 grands secteurs agricoles (Tableau 11).

Tableau 11. Comparaison de la composition en pâturage des parcelles de 100 km^2 qui remplissent les critères de sélection en Ontario et dans les 3 secteurs agricoles du Québec.

Plaine - Grandes cultures

	Ontario (n=19)		Québec (n=92)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
TA	828,42	83,12	761,36	37,71	0,74	0,4637	Québec = Ontario
PD	56,13	3,03	54,90	1,26	0,40	0,6934	Québec = Ontario
TCA	205,72	25,34	159,00	10,09	1,87	0,0642	Québec = Ontario
MPS	1,89	0,11	1,92	0,05	-0,31	0,7612	Québec = Ontario
Indice de continuité	3,39	0,02	3,30	0,01	3,72	0,0003	Ontario > Québec
Nb. de pâtur. > 50 ha	1,74	0,42	0,84	0,13	2,58	0,0111	Ontario = Québec
Nb. de pâtur. > 100 ha	0,63	0,22	0,08	0,03	4,61	<0,0001	Ontario > Québec

Plaine - Lait

	Ontario (n=19)		Québec (n=174)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
TA	828,42	83,12	707,39	19,77	1,84	0,0671	Québec = Ontario
PD	56,13	3,03	56,43	0,89	-0,11	0,9148	Québec = Ontario
TCA	205,72	25,34	134,32	4,80	4,28	<0,0001	Ontario > Québec
MPS	1,89	0,11	1,85	0,03	0,33	0,7384	Québec = Ontario
Indice de continuité	3,39	0,02	3,29	0,01	4,12	<0,0001	Ontario > Québec
Nb. de pâtur. > 50 ha	1,74	0,42	0,48	0,06	5,64	<0,0001	Ontario > Québec
Nb. de pâtur. > 100 ha	0,63	0,22	0,04	0,02	6,75	<0,0001	Ontario > Québec

Outaouais - Lait

	Ontario (n=19)		Québec (n=44)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
TA	828,42	83,12	937,24	65,53	-0,96	0,3428	Québec = Ontario
PD	56,13	3,03	48,17	2,42	1,90	0,0626	Québec = Ontario
TCA	205,72	25,34	217,86	19,78	-0,35	0,7256	Québec = Ontario
MPS	1,89	0,11	2,37	0,15	-2,02	0,0481	Québec = Ontario
Indice de continuité	3,39	0,02	3,39	0,02	0,01	0,9934	Québec = Ontario
Nb. de pâtur. > 50 ha	1,74	0,42	1,93	0,28	-0,39	0,6994	Québec = Ontario
Nb. de pâtur. > 100 ha	0,63	0,22	0,43	0,14	0,79	0,4302	Québec = Ontario

Bien que les valeurs moyennes des critères de sélection diffèrent peu entre les groupes de parcelles, c'est au niveau de l'indice de continuité et du nombre de grands pâturages qu'on observe des différences. Ainsi, les parcelles retenues dans la région de l'Outaouais seraient similaires à celles retenues dans la région de Napanee, en Ontario, alors que les parcelles des deux secteurs de la plaine du Saint-Laurent montrent des niveaux de fragmentation plus élevés et un nombre moins élevé de grands pâturages que les parcelles de l'Ontario ($P < 0,01$; ajustement de Bonferroni où $P=0,05/6$).

De plus, des résultats similaires ont été obtenus lorsque les comparaisons de la superficie et du ratio périmètre/surface des pâturages qui remplissent les critères de sélection sont faites entre les pâturages de l'Ontario et ceux du Québec (Tableau 12). Encore ici, les pâturages de l'Ouatouais diffèrent peu de ceux de la région de Napanee tandis que ceux des deux autres secteurs agricoles seraient, en moyenne, plus petit que ces derniers.

Tableau 12. Comparaison de la superficie (CA) et du ratio périmètre/surface (MPAR) des pâturages qui remplissent les critères de sélection en Ontario et dans les 3 secteurs agricoles du Québec et situés dans les parcelles retenues.

Plaine - Grandes cultures

	Ontario (n=292)		Québec (n=1279)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
CA	25,50	1,65	19,07	0,46	5,2	<0,0001	Ontario > Québec
MPAR	205,30	1,81	208,65	0,84	-1,7	0,0889	Québec = Ontario

Plaine - Lait

	Ontario (n=292)		Québec (n=2006)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
CA	25,50	1,65	17,98	0,33	6,97	<0,0001	Ontario > Québec
MPAR	205,30	1,81	213,25	0,62	-4,51	<0,0001	Québec > Ontario

Outaouais - Lait

	Ontario (n=292)		Québec (n=703)				
Variable	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	t	P value	Conclusion
CA	25,50	1,65	26,31	0,95	-0,45	0,6533	Québec = Ontario
MPAR	205,30	1,81	206,09	1,18	-0,36	0,7167	Québec = Ontario

On observe donc que le type et la distribution des pâturages de la région de l'Outaouais seraient similaires à ce qui est retrouvé dans la région de Napanee, en Ontario. Toutefois, aucune mention de nidification de Pie-grièche migratrice n'a été rapportée dans cette région depuis plusieurs années. Tout comme en Ontario (Chabot et Cuddy 1994) et ailleurs aux États-Unis (voir Cade et Woods 1997; Pruitt 2000), il semble donc que l'importance de la couverture spatiale des pâturages ne limiterait pas l'établissement et le maintien d'une population stable de Pie-grièche migratrice alors que plusieurs sites

offrant un potentiel élevé pour la nidification de cette espèce sont toujours disponibles dans le sud du Québec. Il en va de même dans la région étudiée en Ontario où 7 parcelles de 100 km^2 situées au sud de la région de Napanee, soit dans le comté de Prince Edward, remplissent les critères de sélection des parcelles et présentent une distribution et un degré de fragmentation des pâturages similaire à ce qui est observé dans les secteurs où sont concentrés les individus nicheurs. Une visite de cette région et un effort de recherche accru pourrait amener à la découverte d'oiseaux nicheurs dans ces parcelles.

Enfin, mentionnons que les sites actuellement fréquentés par les Pies-grièches migratrices en Ontario sont tous situés dans des régions où l'on trouve des affleurements calcaires (Napanee, Carden, Smiths Falls, Grey-Bruce, Manitoulin) et sont généralement associés à un type d'habitat particulier nommé "alvar" (Chabot et Cuddy 1994; Catling 1995; Catling and Brownell 1999; Brownell et Riley 2000). Les alvars sont des habitats où la pauvreté et la faible épaisseur du sol, ainsi que des inondations périodiques, font en sorte que la croissance de la végétation arborescente y est très restreinte. Plusieurs espèces végétales rares y sont d'ailleurs recensées. Parce que les conditions édaphiques ne sont pas propices à l'agriculture, le pacage du bétail est la seule activité agricole qui puisse s'y prêter d'où la présence de grands pâturages naturels dans ces régions. La découverte d'alvars au Québec est récente (1992) et les sites connus sont principalement situés dans la région du Pontiac et en Montérégie (Cayouette et al. 1998; J. Cayouette, comm. pers.). D'ailleurs, bien que la structure des pâturages diffère entre les sites ontariens et québécois, certains pâturages similaires à ceux observés dans la région de Napanee ont été localisés dans le sud du Québec soit dans la région de l'Outaouais et de Hemmingford près de la frontière américaine. Ces sites étaient parsemés de genévriers communs (*Juniperus communis*) et de cèdres (*Thuja occidentalis*), en plus de la présence notoire de cèdres rouges dans le Pontiac, et présentaient donc un paysage agricole similaire à celui de la région de Napanee. Bien qu'offrant un certain potentiel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice, la superficie des alvars québécois est toutefois assez faible et cette espèce n'a jamais été observée lors des visites effectuées à ces sites (J. Cayouette, comm. pers.).

8.0 Recommendations

8.1 Rétablissement de la Pie-grièche migratrice

Nos résultats indiquent que c'est dans la région de l'Outaouais, suivi des régions où dominent les exploitations laitières de la région montueuse des Bois-Francs, que sont concentrés les habitats les plus propices à la nidification de la Pie-grièche migratrice dans le sud du Québec. Toutefois, ces résultats sont basés sur la validation d'un nombre relativement restreint de sites à fort potentiel que sont les pâturages, et il est connu que la Pie-grièche migratrice peut nicher dans d'autres habitats ouverts tels les champs de foin ou les friches (Chabot et al. 2001). Afin de bien caractériser le potentiel de ces régions pour la nidification de la Pie-grièche migratrice, une cartographie détaillée des régions agricoles de ces régions

devrait être entreprise afin de localiser précisément les pâturages naturels et d'en quantifier l'importance relative. Nous avons donc priorisé la cartographie des habitats agricoles de la région de l'Outaouais en raison des différents paramètres qui la distingue de celle des Bois-Francs (superficie en pâturages naturels, stabilité de l'agriculture, proximité des sites de nidification ontariens, etc.). De plus, l'urgence d'agir dans la région de l'Outaouais était d'autant justifiée par le fait que plusieurs sites potentiellement intéressants ont été localisés à proximité des centres urbains dont l'étalement se poursuit au détriment des habitats agricoles.

L'interprétation de photographies aériennes est la méthode qui a été préconisée par le passé pour cartographier et quantifier les habitats de nidification de la Pie-grièche migratrice dans les régions d'intérêt tant en Ontario (Chabot 1994; Chabot et Cuddy 1994) qu'au Québec (Chabot 1993, 1994). Toutefois, une visite sur le terrain est généralement nécessaire pour en valider l'interprétation. Nous avons utilisé une méthode différente pour effectuer la cartographie détaillée des habitats agricoles de l'Outaouais soit en sillonnant en voiture le réseau routier et en indiquant directement sur des cartes imprimées à l'échelle 1:50000 le statut des habitats agricoles visités et en localisant plus particulièrement les pâturages naturels. Toutes les routes carossables ont été empruntées et nous avons tenté d'observer de la route tous les milieux ouverts tels qu'indiqués sur les cartes topographiques (zones blanches). La délimitation des cultures a été indiquée sur les cartes et les types d'habitats délimités étaient: pâturage naturel, pâturage amélioré, fourrage (foin, luzerne), grandes cultures (maïs, avoine, blé, soya, labours), gazonnière, friche, plantation. La superficie minimale des habitats cartographiés était d'environ 5 ha. Tous les secteurs agricoles situés entre les montagnes des Laurentides et la rivière des Outaouais, de l'Île aux Allumettes à Montebello, de même que les vallées des rivières Gatineau, du Lièvre, Petite Nation et Petite rivière Rouge ont été visités. Ces informations ont par la suite été numérisées afin de pouvoir procéder à des analyses spatiales détaillées au niveau de l'importance relative et de la distribution spatiale des différents types d'habitats agricoles de la région. Bien que l'analyse de ces données soit toujours en cours, les résultats préliminaires indiquent qu'il sera possible de tracer un portrait agricole détaillé de cette région et d'évaluer plus adéquatement le potentiel actuel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice. Ces informations devraient être disponibles dans une publication prochaine. Cette base de données pourra également être utilisée ultérieurement afin de quantifier les changements survenus au paysage agricole dans l'éventualité où une cartographie similaire ait lieu à moyen terme (~10 ans). Étant donné que nous considérons que la méthode utilisée s'est avérée très efficace pour cartographier les habitats agricoles de l'Outaouais, nous recommandons que la faisabilité d'application de cette méthode soit évaluée pour d'autres régions qui présentent un fort potentiel pour la nidification de la Pie-grièche migratrice telles les comtés de Prince Edward et de Renfrew en Ontario.

De plus, des inventaires visant à localiser des Pies-grièches migratrices dans ces régions (Pontiac, comtés de Prince Edward et Renfrew) devraient être envisagés afin de localiser des oiseaux pouvant y être

présents en période de reproduction. La contribution des clubs d'ornithologues locaux de même que des producteurs agricoles pourrait être mise à profit en les informant de la situation de la Pie-grièche migratrice par le biais de journaux locaux ou d'affiches distribuées à des endroits stratégiques (ex. bureaux régionaux du MAPAQ, clubs conseils en environnement).

Par ailleurs, l'Équipe canadienne de rétablissement de la Pie-grièche migratrice envisage la mise en liberté de Pies-grièches migratrices élevées en captivité en vue du rétablissement de populations sauvages de cette espèce (Johns et al. 1994). Dans l'éventualité où des oiseaux devaient être relâchés au Québec, nous recommandons que cette activité ait lieu dans la région de l'Outaouais en raison de son fort potentiel pour la nidification de cette espèce et de la proximité des populations résiduelles en Ontario.

8.2 Méthodologie

Parce que la sélection de l'habitat par les espèces animales s'effectue à différentes échelles de perception, des actions visant à aménager les habitats et les populations des espèces d'intérêt doivent considérer des paramètres à l'échelle des sites d'intérêt *per se* mais également à l'échelle du paysage dans lequel s'inscrivent ces sites (Mazerolle et Villard 1999). L'utilisation des images satellites s'est avérée un outil efficace pour atteindre les objectifs visés par la présente étude soit l'identification des régions du Québec qui présentent encore un potentiel intéressant pour la nidification de la Pie-grièche migratrice. Toutefois, compte tenu de la résolution de ces images et de l'écart temporel qui existe entre la prise des images et les conditions actuelles, la visite de centaines de sites fut essentielle pour en évaluer les limites et pour y valider l'interprétation; les images nous ayant permis de cibler les régions à valider. Nous considérons donc que la méthode utilisée est appropriée pour orienter les actions d'aménagement et de conservation mais qu'une validation sur le terrain des régions d'intérêt est nécessaire, particulièrement dans le cas où les images utilisées ont été acquises plusieurs années auparavant, si leur précision ne permet pas d'identifier des caractéristiques essentielles au sujet d'étude, et si elles couvrent des paysages dynamiques comme les terres agricoles. Nous recommendons donc de minimiser, au possible, l'écart temporel entre la prise des images et la validation des sites sur le terrain lors de projets futurs ayant cours dans les milieux agricoles. Par ailleurs, l'intégration de la classification à d'autres données spatiales ne devrait pas être tentée à des échelles supérieures à 1:50 000 puisque la précision des images est de l'ordre de 1:80 000.

La méthode visant à identifier des secteurs d'intérêt à l'échelle d'un immense territoire comme le Québec méridional et basés sur des critères de sélection d'habitat déterminés pour une espèce en particulier ne s'est pas réalisée sans que de nombreuses difficultés aient été rencontrées tant dans l'application des critères de sélection à l'ensemble des images satellites qu'au transfert des informations et à la compatibilité des logiciels utilisés (FRAGSTATS, Patch Analyst, ArcView, MapInfo). Dans cette étude deux logiciels ont été utilisés pour le calcul des indices d'écologie du paysage: FRAGSTATS et Patch

Analyst (une extension sur le logiciel ArcView). Au moment de la réalisation de ce projet, nous avions constaté des différences dans le calcul des indices principalement lié à la façon dont le logiciel ArcView transforme le matriciel en vectoriel. Dans le cas des pixels qui étaient connectés en diagonale, la transformation du format matriciel en vectoriel dans ArcView ne tenait pas compte de la disposition en diagonale des pixels tandis que le logiciel FRAGSTATS qui travaille directement sur le format matriciel en tenait compte. Nous avions alors constaté des différences dans les tailles et le nombre de polygones calculés par les deux logiciels pour un même territoire. Toutefois, les nouvelles versions de l'extension Patch Analyst développées avec Patch grid ont réglé ce problème et il est maintenant possible de tenir compte des pixels en diagonale et de calculer les indices directement sur du matriciel. L'utilisation des extensions Patch Analyst et Patch Grid facilite donc grandement le calcul des indices d'écologie du paysage sur les images et devrait donc être envisagée dans l'éventualité où une analyse de même nature était entreprise pour d'autres régions du Québec ou du Canada. De plus, dans les calculs d'indices d'écologie du paysage, que ce soit avec Patch Analyst, Patch Grid sur ArcView ou avec FRAGSTATS (version DOS) il est important de s'assurer que le calcul se fait selon les critères désirés et qu'une vérification des indices calculés par différents logiciels soit effectuée afin de confirmer que la transformation du matriciel au vectoriel (si nécessaire) se fait de façon similaire. Mentionnons également que les images analysées ont généré des fichiers informatiques comprenant une somme énorme de données (plusieurs centaines de milliers de données) ce qui a nécessité l'utilisation de logiciels et d'ordinateurs performants.

Par ailleurs, nous avons analysé plusieurs sous images en blocs (batch) à l'aide d'une fenêtre mobile se déplaçant sur notre image et c'est pourquoi nous avons dû utiliser le logiciel FRAGSTATS (version DOS). Toutefois, l'option (patch) qui permet de générer des cartes identifiant les parcelles et les fragments (pâturages) n'a pas fonctionné, probablement dû au module permettant à la fenêtre de se déplacer, module développé spécifiquement pour effectuer ce genre d'analyse. L'utilisation de l'extension Patch Analyst s'est d'ailleurs avéré essentielle pour produire les cartes identifiant les pâturages à visiter. À cet effet, il était très important de pouvoir localiser précisément sur le terrain les sites à visiter qui eux avaient été identifiés à partir des images satellites. Il fut nécessaire de considérer les différences d'échelles et de projections entre les images satellites et les cartes topographiques afin de s'assurer de la précision des données. La transposition des informations extraites des images satellites sur les cartes topographiques à l'échelle 1:50000 a grandement facilité l'identification des pâturages sur le terrain grâce aux informations détaillées présentées sur ces cartes telles les réseaux routiers, hydrographiques et ferroviaires, mais également la position des bâtiments (habitations, granges, usines), les lignes de transport d'énergie, les courbes de niveau, et les limites municipales.

9.0 Références

Agriculture Canada et Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. 1991. Les pratiques de gestion optimales: Grandes cultures. Agriculture Canada et Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. 133 p.

Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. Oikos 71: 355-366.

Askins, R.A. 1993. Population trends in grassland, shrubland, and forest birds in eastern North America. Pages 1-34 *In* D.M. Power (éd.), Current Ornithology, Vol. 11. Plenum Press, N.Y.

Beal, K.G. et H.J. Khamis. 1991. A problem in statistical analysis: simultaneous inference. Condor 93:1023-1025.

Bélanger, L. et M. Grenier. 1998. Importance et causes de la fragmentation forestière dans les agroécosystèmes du sud du Québec. Série de rapports techniques No. 327, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Région du Québec.

Bélanger, L., M. Grenier et S. Deslandes. 1999. Bilan des habitats et de l'occupation du sol dans le sud du Québec. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec, site internet: www.qc.ec.gc.ca/faune/bilan/bilanhabitat.html

Bélanger, L. et M. Grenier. 2002. Agriculture intensification and forest fragmentation in the St. Lawrence Valley human-dominated landscape. Landscape Ecology. Sous presse.

Brooks, B.L. et S.A. Temple. 1990a. Dynamics of a Loggerhead Shrike population in Minnesota. Wilson Bulletin 102:441-50.

Brooks, B.L. et S.A. Temple. 1990b. Habitat availability and suitability for Loggerhead Shrikes in the Upper Midwest. American Midland Naturalist 123: 75-83.

Brownell, V.R. et J.L. Riley. 2000. The alvars of Ontario: significant alvar natural areas in the Ontario Great Lakes Region. Federation of Ontario Naturalists, Don Mills, Ontario. 269 p.

Cade, T.J. et C.P. Woods. 1997. Changes in distribution and abundance of the Loggerhead Shrike. Conservation Biology 11: 21-31.

Cadman, M.D. 1990. Update status report on the Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*) in Eastern Canada. Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, Ottawa. 33 p.

Cain, D.H., K. Riitters et K. Orvis. 1997. A multi-scale analysis of landscape statistics. Landscape Ecology 12: 199-212.

Carroll C., W.J. Zielinski et R.F. Noss. 1999. Using presence-absence data to build and test spatial habitat models for the ficher in the Klamath region, U.S.A. Conservation Biology 13:1344-1359.

Catling, P.M. 1995. The extent and confinement of vascular plants to alvars in southern Ontario. Canadian Field-Naturalist 109: 172-181.

Catling, P.M. et V.R. Brownell. 1999. An objective classification of Ontario alvars in the northern portion of the mixedwood plains ecozone and a consideration of protection frameworks. Canadian Field-Naturalist 113: 569-575.

Cayouette, J., A. Sabourin, D. Paquette et N. Filion. 1998. Alvars surveyed in south-western Québec to date. Document inédit préparé pour The Nature Conservancy et The Great Lakes Alvar Working Group. 4 p.

Centre for Land and Biological Resources Research. 1996. Soil Landscapes of Canada, v.2.2. Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa.

Chabot, A.A. 1993. Loggerhead Shrike habitat availability and suitability in Quebec. Rapport non publié. Pour Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec. 24 p.

Chabot, A.A. 1994. Habitat selection and reproductive biology of the Loggerhead Shrike in Eastern Ontario and Quebec. Mémoire de maîtrise, Department of Natural Ressource Sciences, Macdonald Campus, McGill University, Montreal. 98 p.

Chabot, A.A. et D.G. Cuddy. 1994. Management guidelines for Loggerhead Shrike in Ontario. Draft #1. Ontario Ministry of Natural Ressources, Kemptville. 34 p.

Chabot, A.A., R.D. Titman et D.M. Bird. 2001. Habitat use by Loggerhead Shrikes in Ontario and Quebec. Canadian Journal of Zoology 79: 916-925.

Cody, M.L. (éditeur). 1985. Habitat selection in birds. Academic Press, Inc. Orlando, Florida. 558 p.

Collister, D.M. et K. De Smet. 1997. Breeding and natal dispersal in the Loggerhead Shrike. Journal of Field Ornithology 68: 273-282.

COSEPAC. 1999. Espèces canadiennes en péril, avril 1999. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. 26 p.

Cuddy, D.G., A.A. Chabot et C.J. Grooms. 1993. Loggerhead Shrike recovery activities, Ontario, 1993 - Habitat mapping. Rapport préliminaire non publié. Ontario Ministry of Natural Ressources, Kemptville, Ontario. 12 p.

Dettmers R. et J. Bart. 1999. A GIS modeling method applied to predicting forest songbird habitat. Ecological Applications 9:152-63.

Doucet, R. 1994. La science agricole. Climat, sols et productions végétales du Québec. 2ème édition. Éditions Berger, Eastman, Québec. 699 p.

Downes, C.M. et B.T. Collins. 1996. The Canadian Breeding Bird Survey, 1966-1994. Progress Note No. 210. Canadian Wildlife Service, Environment Canada. 36 p.

Elkie, P.C., R.S. Rempel et A.P. Carr. 1999. Patch Analyst User's Manual. Ontario Ministry of Natural Ressources. Northwest Science & Technology. Thunder Bay, Ontario. TM-002. 23 p.

Environnement Canada. 1972. Inventaire des terres du Canada. Classification des sols selon leurs aptitudes à la production agricole. Inventaire des Terres du Canada. Rapport No. 2. 16 p.

Fahrig, L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. Journal of Wildlife Management 61: 603-610.

Freemark, K. 1988. Agricultural disturbance, wildlife and landscape management. Pages 77-84 *In* M.R. Moss (éd.), Landscape Ecology and Management. Proceedings of the First Symposium of the Canadian Society for Landscape Ecology and Management, University of Guelph, May 1987. Polyscience Publications Inc., Montréal, Canada.

Freemark, K.E., J.B. Dunning, S.J. Hejl et J.R. Probst. 1995. A landscape ecology perspective for research, conservation, and management. Pages 381-427 *In* T. Martin et D. Finch (éds.), Ecology and management of neotropical migratory birds. Oxford University Press, New York.

Gawlick, D.E. et K.L. Bildstein. 1990. Reproductive success and nesting habitat of Loggerhead Shrikes in north-central South Carolina. Wilson Bulletin 102: 37-48.

Gazette officielle du Québec. 2000. Règlement sur les espèces fauniques menacées ou vulnérables. Loi sur les espèces menacées ou vulnérables. Province de Québec. L.R.Q., c.E-12.01, a. 10; 1999, c. 36, a. 131.

Grenier, M., D. Bordage et N. Plante. 1994. La télédétection, un complément avantageux aux inventaires pour évaluer la répartition de la sauvagine sur de vastes territoires. Canadian Journal of Remote Sensing/Journal canadien de télédétection 20:162-70.

Grooms, C. 1999. Loggerhead Shrike recovery activities – Field Work 1999. A final report to the Canadian Wildlife Service and the Eastern Loggerhead Shrike Recovery Team. Rapport préliminaire non publié. 12 p.

Helzer, C.J. et D.E. Jelinski. 1999. The relative importance of patch area and perimeter-area ratio to grassland breeding birds. Ecological Applications 9: 1448-1458.

Herkert, J.R. 1994. The effects of habitat fragmentation on midwestern grassland bird communities. Ecological Applications 4: 461-471.

Herkert, J.R., D.W. Sample et R.E. Warner. 1996. Management of midwestern grassland landscapes for the conservation of migratory birds. Pages 89-116 *In* F.R. Thompson III (éd.), Management of midwestern landscapes for the conservation of neotropical migratory birds. U.S. Dep. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Gen. Tech. Rep. NC-187. 207 p.

Jobin B., J.-L. DesGranges et C. Boutin. 1996. Population trends in selected species of farmland birds in relation to recent developments in agriculture in the St. Lawrence Valley. Agriculture, Ecosystems & Environment 57:103-16.

Jobin, B. J. Beaulieu, M. Grenier, L. Bélanger, C. Maisonneuve, D. Bordage et B. Filion. En préparation. Macro-paysages agricoles du Québec méridional. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec, Canards Illimités Canada, et Société de la faune et des parcs du Québec.

Johns, B., E. Telfer, M. Cadman, D. Bird, R. Bjorge, K. De Smet, W. Harris, D. Hjertaas, P. Laporte et R. Pittaway. 1994. Plan national de rétablissement de la Pie-grièche migratrice. Rapport No. 7. Comité de rétablissement des espèces canadiennes en péril. Ottawa. 38 p.

Johnson, D.H. et L.D. Igl. 2001. Area requirements of grassland birds: a regional perspective. Auk 118: 24-34.

Knick, S.T. et J.T. Rotenberry. 1995. Landscape characteristics of fragmented shrubsteppe habitats and breeding passerine birds. Conservation Biology 9: 1059-1071.

Laporte, P. et M. Robert. 1995. The decline and current status of the Loggerhead Shrike in Quebec. *In* R. Yosef et F.E. Lohrer (éds.), Shrikes (Laniidae) of the world: biology and conservation. Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology 6: 85-87.

MapInfo Corporation. 2000. MapInfo Professional User's Guide. Version 6.0. MapInfo Coroporation, New York. 721 p.

Mazerolle, M.J. et M.-A. Villard. 1999. Patch characteristics and landscape context as predictors of species presence and abundance: A review. Ecoscience 6:117-24.

McGarigal, K. et B.J. Marks. 1994. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0, Mars 1994.

McIntyre, S. et R. Hobbs. 1999. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. Conservation Biology 13: 1282-1292.

Michaels, H.L. et J.F. Cully, Jr. 1998. Landscape and fine scale habitat associations of the Loggerhead Shrike. Wilson Bulletin 110:474-82.

Novak, P.G. 1989. Breeding ecology and status of the Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*) in New York State. Mémoire de maîtrise. Cornell University. 156 p.

Pruitt, L. 2000. Loggerhead Shrike status assessment. U.S. Fish and Wildlife Service, Bloomington, IN. 169 p.

Reiss, R., F. Perron, J. Paré et R. St-Jean. 1984. Les pesticides en agriculture au Québec en 1982. Approvisionnement et Services Canada, No. EN 40-319/1984F. 134 p.

Riitters, K.H., R.V. O'Neill, C.T. Hunsaker, J.D. Wickham, D.H. Yankee, S.P. Timmins, K.B. Jones et B.L. Jackson. 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. Landscape Ecology 10: 23-39.

Robbins, C.S., D. Bystrak et P.H. Geissler. 1986. The Breeding Bird Survey: Its first fifteen years, 1965-1979. U.S. Fish & Wildlife Service, Department of the Interior, Resource Publication 157. 196 p.

Robert, M. et P. Laporte. 1991. Situations historique et actuelle de la Pie-grièche migratrice au Québec. Cahiers de Biologie No. 196, Environnement Canada, Service canadien de la faune. 7 p.

Robert, M. et P. Laporte. 1995. Rapport sur la situation de la Pie-grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*) au Québec. Série de rapports techniques No. 243, Environnement Canada, Service canadien de la faune, Région du Québec. vii + 61 p.

Saab, V. 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests: a hierarchical analysis. Ecological Applications 9:135-51.

Saunders, D.A., R.J. Hobbs et C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. Conservation Biology 5: 18-32.

Scott, J.M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'Erchia, T.C. Edwards, Jr., J. Ulliman et R.G. Wright. 1993. Gap Analysis: a geographic approach to protection of biological diversity. Wildlife Monographs 123:1-41.

Smith, E.L. et K.C. Kruse. 1992. The relationship between land-use and the distribution and abundance of Loggerhead Shrikes in south-central Illinois. Journal of Field Ornithology 63: 420-427.

Statistique Canada. 1997a. Aperçu historique de l'agriculture canadienne. Statistique Canada, No. de catalogue 93-358-XPB, Ottawa.

Statistique Canada. 1997b. Profil agricole du Québec. Recensement du Canada 1996, Agriculture, No. de catalogue 95-176-XPB, Ottawa.

Statistique Canada. 1997c. Profil agricole de l'Ontario. Recensement du Canada 1996, Agriculture, No. de catalogue 95-177-XPB, Ottawa.

Story, M. et R.G. Congalton. 1986. Accuracy assessment: A user's perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 52: 397-399.

Summerville, K.S. et T.O. Crist. 2001. Effects of experimental habitat fragmentation on patch use by butterflies and skippers (Lepidoptera). Ecology 82:1360-1370.

Telfer, E.S. 1992. Habitat change as a factor in the decline of the western Canadian Loggerhead Shrike, *Lanius ludovicianus*, population. Canadian Field-Naturalist 106: 321-326.

Vickery, P.D., M.L. Hunter Jr. et S.M. Melvin. 1994. Effects of habitat area on the distribution of grassland birds in Maine. Conservation Biology 8: 1087-1097.

Vogelmann, J.E. 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic systems technology. Conservation Biology 9: 439-449.

White, D., E. M. Preston, K. E. Freemark, and A. R. Kiester. 1999. A hierarchical framework for conserving biodiversity. Pages 127-153 *In* J. M. Klopatek et R. H. Gardner (éds.), Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications. Springer-Verlag Inc., New York.

Wilcox, B.A. et D.D. Murphy. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. American Naturalist 125: 879-887.

Winter, M. et J. Faaborg. 1999. Patterns of area sensitivity in grassland-nesting birds. Conservation Biology 13: 1424-1436.

Yosef, R. 1996. Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*). *In* A. Poole et F. Gill (éds.), The Birds of North America, No. 231. The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, and The American Ornithologists' Union, Washington, D.C. 28 p.

ANNEXE 1

Étapes de la classification de l'image satellite Landsat-TM couvrant la région de Napanee-Kingston, Ontario.

Annexe 1. Étapes de la classification de l'image satellite Landsat-TM couvrant la région de Napanee-Kingston, Ontario.

L'image satellite couvrant la région de Napanee-Kingston est de type Landsat 5 avec le capteur Thematic Mapper (TM) et a été acquise en juin 1995 (orbite 16, rangée 29). L'image a été commandée avec la correction géométrique de précision pour correspondre à la projection UTM 18, NAD27, le pixel de 30 m de côté étant ré-échantillonné à 25 mètres pour correspondre au système métrique. Le choix de la date reposait d'abord sur la disponibilité d'une image de qualité acquise en été, ayant moins de 10% de couverture nuageuse, et englobant les sites d'observations de Pies-grièches migratrices pour la période 1991-1997.

L'image a été analysée avec le logiciel EASI/PACE de PCI. Le but était de réaliser une classification afin de produire une image thématique nécessaire aux analyses subséquentes (paysage et spatiales). La classification était de type dirigée, c'est à dire que l'analyste a orienté la classification en lui donnant des échantillons de pixels avec une étiquette connue. La connaissance des thèmes reposait donc surtout sur des notions théoriques de réponse spectrale des éléments au sol puisque nous possédions peu de données complémentaires (photographies aériennes, cartes forestières) pour le site à l'étude. La classification de cette image s'est effectuée selon la même méthodologie que celle utilisée pour classifier les images du Québec (7 images) (Bélanger et al. 1999).

Les zones d'entraînement nécessaires à la classification dirigée ont été délimitées à partir d'un composé couleur des bandes spectrales 3,4,5, et accentuées par étalement linéaire. La classification par maximum de vraisemblance a été appliquée aux trois bandes spectrales. Étant donné que l'objectif principal de l'étude était d'identifier et de caractériser les habitats de nidification de la Pie-grièche migratrice, une attention particulière a été portée sur la portion agricole du territoire lors de la classification.

La classification de l'image satellite de la région de Napanee-Kingston a permis d'identifier 15 classes d'habitat (Tableau 1). Les classes qui semblaient différentes et qui étaient associées à des terres agricoles pour lesquelles nous n'avions peu ou pas d'information précise ont été étiquetées "agricole" 1, 2, 3 etc. afin de garder une plus grande définition du territoire agricole. Les champs cultivés couvraient plus du quart de l'image suivis des forêts (20%) et des friches (20%). La pâturages couvraient, quant à eux, seulement 3,5% de l'image.

Dans le but d'évaluer la précision de la classification, une matrice de confusion, telle que définie par Story et Congalton (1986), a été produite. Pour chacun des pixels des zones d'entraînement, cette opération consiste à comparer la classe obtenue par analyse de l'image à celle établie d'après les documents de référence (cartes topographiques, photos aériennes). Une validation de la classification de

l'image est alors faite à l'aide d'un tableau de fréquences croisant les deux classifications des pixels soit 1) à partir des zones d'entraînement et 2) de l'analyse de l'image. La précision globale de la classification s'élève à 96,2%, ce qui est très acceptable.

Tableau 1. Liste des classes d'habitats identifiés sur l'image satellite couvrant la région de Napanee-Kingston, Ontario, juin 1995.

Habitat	Classe	hectares	% image
Champ cultivé		186283	25,9
	Agricole 1	44492	6,2
	Agricole 2	24407	3,4
	Agricole 3	23608	3,3
	Agricole 4	19105	2,7
	Agricole 5	53174	7,4
	Agricole 6	21498	3,0
Forêt	Forêt 2	145176	20,2
Friche	Friche	145122	20,2
Eau		114383	15,9
	Eau 1	105984	14,7
	Eau 3	8400	1,2
Forêt mixte	Forêt 1	32874	4,6
Pâturage	Pâturage	25453	3,5
Route et sol nu	Route et sol nu	23568	3,3
Marais	Eau 2	13089	1,8
Foin-Marais	Foin-Marais	5000	0,7
Non classé	Non classé	29051	4,0
Total		720000	100,0

Une visite sur le terrain dans la région de Napanee-Kingston a été effectuée du 21 au 23 juin 1999 afin de valider la classification de l'image et plus particulièrement les zones identifiées comme étant des pâturages. À cet effet, 29 points de contrôle ont ainsi été identifiés sur des cartes imprimées de l'image satellite classifiée dans la région de Newburg sur lesquelles étaient superposées les routes extraites des cartes topographiques numériques à l'échelle 1:50 000. Les points ont été distribués de façon à valider en particulier les classes identifiées "agricole" et "pâturage" ainsi que d'autres classes d'habitats bien représentées sur l'image et qui couvraient de grandes superficies. Douze points visaient des champs cultivés, 9 des pâturages, 4 des forêts, 3 des friches et 1 marais. L'habitat identifié sur le terrain était similaire à celui qui dominait autour du point (rayon de 50 m) tel que déterminé sur l'image satellite dans la grande majorité des points soit 23/29 (79%). Tous les points visant des pâturages étaient effectivement situés dans ce type d'habitat.

ANNEXE 2

Distribution des mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans les classes d'habitat identifiées sur l'image satellite de l'Ontario.

Annexe 2. Distribution des mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans les classes d'habitat identifiées sur l'image satellite de l'Ontario.

Les mentions d'observations de Pies-grièches migratrices effectuées dans la région de Napanee durant la période 1991-1997 ont été superposées à la carte des habitats déterminée par l'image satellite. Plus de 70% de ces mentions se retrouvent dans des pâturages qui couvrent seulement 3,5% de l'image alors que 21% des mentions proviennent de friches (Tableau 1). Ces deux classes d'habitats, qui se confondent parfois sur les images satellites, regroupent donc 91% des mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans cette région. Il faut préciser que ce résultat réflète la concentration d'individus formant une population réduite dans les habitats préférentiels que sont les pâturages; une distribution différente des mentions d'observation dans les différents habitats de la région de Napanee pouvant alors être observée si l'abondance des Pies-grièches migratrices y était plus élevée.

Tableau 1. Habitats (Landsat-TM) où les mentions d'observations de Pies-grièches migratrices ont été effectuées dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997.

HABITAT	nid		jeune au nid		jeune hors du nid		couple		oiseau seul		indét. (2 indiv.) *		indét. (1 indiv.) *		Total	
Pâturage	10	(90,9%)	8	(66,7%)	18	(78,3%)	40	(63,5%)	16	(66,7%)	36	(80,0%)	5	(45,5%)	133	(70,4%)
Friche	1	(9,1%)	3	(25,0%)	2	(8,7%)	17	(27,0%)	6	(25,0%)	6	(13,3%)	5	(45,5%)	40	(21,2%)
Champ cultivé	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(4,3%)	4	(6,3%)	0	(0,0%)	2	(4,4%)	0	(0,0%)	7	(3,7%)
Foin-marais	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(4,3%)	1	(1,6%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	2	(1,1%)
Marais	0	(0,0%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(2,2%)	0	(0,0%)	1	(0,5%)
Forêt mixte	0	(0,0%)	1	(8,3%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(4,2%)	0	(0,0%)	0	(0,0%)	2	(1,1%)
Non classé	0	(0,0%)	0	(0,0%)	1	(4,3%)	1	(1,6%)	1	(4,2%)	0	(0,0%)	1	(9,1%)	4	(2,1%)
Total	11	(100%)	12	(100%)	23	(100%)	63	(100%)	24	(100%)	45	(100%)	11	(100%)	189	(100%)

* mentions incomplètes

De plus, il est important de mentionner qu'un pâturage était présent à moins de 100 m des observations faites hors des pâturages dans 34 des 56 cas répertoriés, incluant les mentions faites dans des friches. Cette nuance est importante car la précision de la coordonnée des mentions d'observation est de 100 m, ce qui indique que les oiseaux étaient peut-être effectivement dans les pâturages. Le fait que certaines observations aient été faites dans des habitats généralement peu fréquentés par la Pie-grièche migratrice comme la forêt mixte ou les marais peut être causé par différents facteurs dont 1) la précision de la coordonnée; 2) la résolution de l'image qui est limitée à des pixels de 30 m de côté; 3) l'habitat peut avoir été modifié entre la date de l'observation et l'acquisition de l'image satellite; 4) la classification de l'image peut être imprécise à ces endroits; et 5) l'oiseau peut effectivement avoir été observé dans cet habitat. Il est toutefois impossible d'en identifier avec certitude la raison. Néanmoins, une analyse plus détaillée des habitats présents dans un rayon de 50 m de la coordonnée de chacune des mentions d'observations indique que presque toutes les mentions (96%) ont été assignées à l'habitat qui domine autour du point d'observation (Tableau 2) suggérant ainsi que les habitats dans lesquels les mentions se retrouvent

couvrent de grandes superficies homogènes et que l'erreur associée à la précision de la coordonnée des mentions serait négligeable.

Tableau 2. Nombre de cas où l'habitat dominant dans un rayon de 50 m de la coordonnée de la mention d'observation de Pies-grièches migratrices est similaire à l'habitat assigné à la mention.

Habitat	Total	Habitat similaire n	%	Habitat différent n	%	Hab. dominant dans un rayon de 50 m
Pâturage	133	133	(100,0%)	0	(0,0%)	
Friche	40	39	(97,5%)	1	(2,5%)	pâturage
Champ cultivé	7	6	(85,7%)	1	(14,3%)	forêt
Foin-marais	2	0	(0,0%)	2	(100,0%)	friche (2X)
Marais	1	1	(100,0%)	0	(0,0%)	
Forêt mixte	2	2	(100,0%)	0	(0,0%)	
Non classé	4	1	(25,0%)	3	(75,0%)	pâturage (2X); champ cultivé
Total	189	182	(96,3%)	7	(3,7%)	

Par contre, les mentions d'observations de nids et de jeunes au nid ont par ailleurs presque toutes été assignées (96%) à des pâturages (78%) ou des friches (17%) (Tableau 3).

Tableau 3. Habitats (Landsat-TM) où les nids et les jeunes Pies-grièches migratrices ont été observés dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997.

HABITAT	Nids + jeunes au nid		Toutes les observations	
Pâturage	18	(78,3%)	133	(70,4%)
Friche	4	(17,4%)	40	(21,2%)
Champ cultivé	0	(0,0%)	7	(3,7%)
Foin-marais	0	(0,0%)	2	(1,1%)
Marais	0	(0,0%)	1	(0,5%)
Forêt mixte	1	(4,3%)	2	(1,1%)
Non classé	0	(0,0%)	4	(2,1%)
Total	23	(100,0%)	189	(100,0%)

La presque totalité des 133 observations faites dans des pâturages l'ont été dans des pâturages couvrant plus de 5 ha (94%) (Tableau 4), dont la totalité des nids trouvés, alors que plus de 60% des observations ont été faites dans des pâturages de plus de 50 ha. Les pâturages de faible superficie sont donc moins fréquentés que les grands pâturages. D'ailleurs, il existe une bonne relation ($r^2 = 0,44$) entre la superficie des pâturages et le nombre de mentions d'observation dans ces derniers (Figure 1), cette relation étant toutefois moins prononcée lorsque le grand pâturage couvrant 227 ha est exclu de l'analyse ($r^2 = 0,21$; n=39).

Tableau 4. Distribution des 133 mentions observations de Pies-grièches migratrices effectuées dans des pâturages en fonction de leur superficie (> ou < 5 ha; > ou < 50 ha).

Superficie	nid	jeune au nid	jeune hors du nid	couple	oiseau seul	indét. (2 indiv.) *	indét. (1 indiv.) *	Total
< 5 ha	0 (0,0%)	1 (12,5%)	1 (5,6%)	1 (2,5%)	2 (12,5%)	3 (8,3%)	0 (0,0%)	8 (6,0%)
> 5 ha	10 (100,0%)	7 (87,5%)	17 (94,4%)	39 (97,5%)	14 (87,5%)	33 (91,7%)	5 (100,0%)	125 (94,0%)
Total	10 (100,0%)	8 (100,0%)	18 (100,0%)	40 (100,0%)	16 (100,0%)	36 (100,0%)	5 (100,0%)	133 (100,0%)

Superficie	nid	jeune au nid	jeune hors du nid	couple	oiseau seul	indét. (2 indiv.) *	indét. (1 indiv.) *	Total
< 50 ha	3 (30,0%)	3 (37,5%)	7 (38,9%)	19 (47,5%)	7 (43,8%)	12 (33,3%)	1 (20,0%)	52 (39,1%)
> 50 ha	7 (70,0%)	5 (62,5%)	11 (61,1%)	21 (52,5%)	9 (56,3%)	24 (66,7%)	4 (80,0%)	81 (60,9%)
Total	10 (100,0%)	8 (100,0%)	18 (100,0%)	40 (100,0%)	16 (100,0%)	36 (100,0%)	5 (100,0%)	133 (100,0%)

* mentions incomplètes

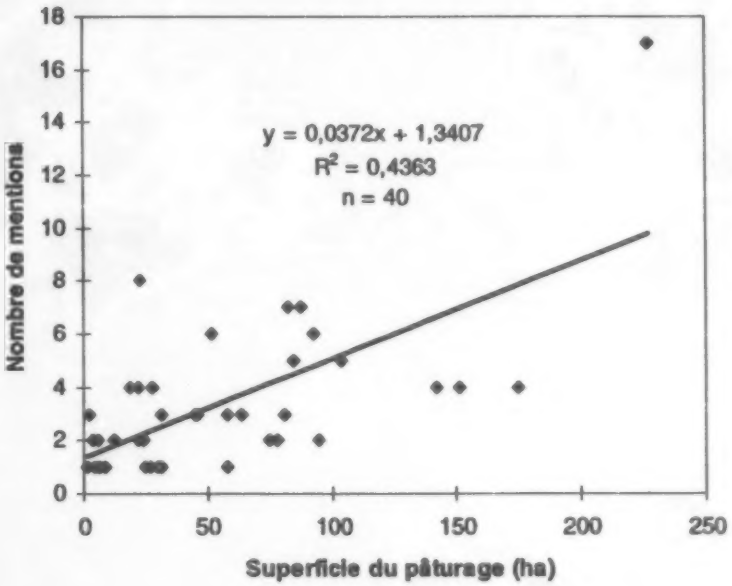


Figure 1. Relation entre le nombre de mentions d'observation de Pies-grièches migratrices dans des pâturages et leur superficie dans la région de Napanee, Ontario, 1991-1997.